This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com

Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

+ *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.

+ *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.

+ *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.

+ *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertati di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da `http://books.google.com`

Digitized by Google

L Soc 2544.23

HARVARD COLLEGE
LIBRARY

FROM THE BEQUEST OF
MRS. ANNE E. P. SEVER
OF BOSTON

Widow of Col. James Warren Sever
(Class of 1817)

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ANNALI

DELLE

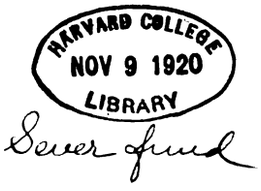
UNIVERSITÀ TOSCANE

TOMO VENTISETTESIMO

PISA
NELLA TIPOGRAFIA VANNUCCHI
1907

Digitized by Google

L Soc 2544.25F



Sewer fund

Proprietà letteraria

Digitized by Google

ORDINE DELLE MEMORIE

CONTENUTE NEL PRESENTE VOLUME

SCIENZE STORICHE E MORALI.

COSTANZI . . . — *Saggio di Storia Tessalica* (Continuazione al Volume XXVI).

SCIENZE NATURALI.

NASINI . . . . — *La cattedra di chimica nella Università di Pisa.*

NERI E GHERARDI — *Ricerche chimiche e batteriologiche sulle acque del Fiume Morto.*

PANELLA. . . . — *Azione del principio attivo surrenale sulla fatica muscolare.*

UGOLINI . . . . — *Contribuzione allo studio delle roccie dell' alto Egitto* (Parte II).

Digitized by Google

Digitized by Google

VINCENZO COSTANZI

SAGGIO DI STORIA TESSALICA

PARTE I

(Continuazione al Volume XXVI)

Digitized by Google

Digitized by Google

VI. — La Tessaglia dalla metà del VI secolo alla fine delle guerre persiane.

Nella famiglia degli Echecratidi di Farsalo troviamo le più sicure tracce di un diritto dinastico esteso a tutta la Tessaglia. In un distico d' Anacreonte per un ex-voto a Dioniso è presentato come dedicatore Echecratida, sovrano di Tessaglia (PLG. fr. 103).

Σάν τε χάριν, Διόνυσε, καὶ ἀγλαὸν ἄστει κόσμον
Θεσσαλίας μ' ἀνέθηκ' ἀρχὸς Ἐχεκρατίδας.

Poscia si è fatta menzione di Antioco, figlio di Echecratida, in uno scolio a Teocrito (XIV, 36): quivi Antioco, figlio di Echecratida è da Eschine Socratico denominato βασιλεὺς πάντων Θετταλων. Come la casa degli Echecratidi riuscisse a conseguire la sovranità su tutta la Tessaglia, non si potrebbe stabilire con certezza; ma da uno spiraglio si proietta un po' di luce su questo punto oscuro. Noi sappiamo che Simonide ebbe familiarità con Antioco di Farsalo e con gli Scopadi di Crannone. Questa relazione di Simonide con due dinastie diverse non è casuale, ma è connessa coi vincoli politici di esse. Infatti Scopa di Crannone era figlia di Creonte e di Echecratide *(Scol. ad Teocr.* XVI, 36): ora il nome Ἐχεκρατίς essendo il femminile di Ἐχεκράτης o di Ἐχεκρατίδας, appare molto verosimile che il principe crannonio Creonte sposasse una figlia di Echecratida I. La casa di Farsalo con tutta probabilità sfruttò per mezzo della parentela la gelosia fra gli Scopadi e gli Alevadi, gelosia che si spiega considerando che Larissa e Crannone erano ambedue nella Pelasgiotide, e gli Scopadi non si rassegnavano di buon grado a riconoscere la supremazia degli Alevadi di Larissa. Il riconoscimento dell' alta sovranità alla

Digitized by Google

casa di Farsalo era meno gravoso specialmente se la differenza era attenuata dal vincolo di parentela. poichè, se gli Scopadi non avevano abbastanza prestigio per acquistare una posizione prevalente in tutta la Tessaglia, stringendo legami con gli Echecratidi acquistavano forza, specialmente perchè dal loro favore dipendeva in gran parte la saldezza della dinastia farsalia.

Bisogna tener presente che uno degli argomenti, su cui si fonda, sebbene implicitamente, l'Hiller Von Gärtringen per infirmare la realtà storica d'una monarchia tessalica, è la presunta contemporaneità di molti dinasti che sarebbero stati chiamati βασιλεῖς Θεσσαλῶν (o. c. p. 3-4). Quantunque abbiamo già fatto le nostre riserve sulla sovranità di Euriloco di Larissa, di Lattamia, di Cleomaco, è indubitato che la tradizione assegna all'opera di ciascuno un periodo di tempo diverso, e quindi per questo riguardo nulla vi sarebbe d'inverosimile che rivestissero la dignità regale. La simultaneità di dominio poi per quelli che sono designati come βασιλεῖς nella seconda metà del sesto secolo, non solo non si ricava dalle fonti, ma è talvolta categoricamente esclusa. Antioco, figlio di Echecratida, è morto prima del 510, o almeno il linguaggio delle fonti ci obbliga a ritenere questo *terminus ante quem* come preferibile a una data più bassa. Infatti nel 510 i Tessali venuti in aiuto di Ippia erano guidati da Cinea (Herod. V, 63): inoltre tutto le apparenze cospirano per la ragionevolezza della presunzione che Simonide siasi recato presso Antioco e gli Scopadi dopo la morte di Ipparco. Contro queste induzioni si potrebbero levare dei dubbi solo nel caso che si ritenesse l'Echecratida padre di Antioco identico all'Echecratida padre di Oreste, che venne nel 454/3 a invocare l'aiuto degli Ateniesi per esser reintegrato nel trono paterno (Thucyd. I, 111). Ma l'insostenibilità di questa tesi tornata in onore da Edoardo Meyer (*G. d. A.* III p. 609) confido di aver dimostrato altrove (*Bollettino di Filologia Classica* VII agosto-settembre). Per ora mi basta rilevare che la notizia aneddottica, secondo cui Targelia vedova d'Antioco regnò per 30 anni dopo la morte del marito, ha un riscontro con la notizia erodotea che nel 510 l'esercito tessalico era comandato da Cinea: ambedue presuppongono la morte d'Antioco intorno al 510. Se non è prudente ricavare induzioni da un aneddoto puerile, non per questo deve negarsi importanza alla logica e alla coerenza delle circostanze presupposte da questi aneddoti, quando l'autore non le ha viste e non le ha cercate. Finalmente, se la madre di Scopa, contemporaneo di Antioco, si chiamava Echecratide, è molto più ragionevole ammettere che fosse figlia d'un'Echecratida anzichè sorella. Se per il regno d'Antioco abbiamo stabilito come termine inferiore il 510, è naturale che il regno di Echecratida I deve essere anteriore, poichè,

Digitized by Google

quantunque non sarebbe impossibile che Antioco fosse stato associato al padre nel regno, qnesta congettura non sarebbe nè necessaria nè plausibile. Non sarebbe plausibile perchè nell'occasione della morte d'Antioco non compare affatto il padre Echecratida, ma la madre Σύρις (o Δύσηρις) (1): non è necessaria, perchè nessun indizio cronologico ci obbliga a circoscrivere dentro un determinato periodo il regno di Echecratida I. Un terminus a quo per la venuta d'Anacreonte in Tessaglia si è visto nel fatto che sino al 514 egli dimorò presso Ipparco; ma donde si ricava che il soggiorno d'Anacreonte in Tessaglia sia posteriore alla sua familiarità con Ipparco? ci soccorrono in proposito due testimonianze, una dell'Ipparco attribuita a Platone, una del Carmide platonico. Nel primo (p. 228 C.) dopo aver narrata l'istituzione delle Panatenee l'autore aggiunge: « e avendo mandato ad Anacreonte di Teo un pentecontoro lo fece condurre nella città; tenne poi sempre presso di sè Simonide di Ceo con mercede e con doni ». Nel secondo leggiamo semplicemente (pag. 157 F): « La casa nostra lodata da Anacreonte, da Solone e dagli altri poeti ». È superfluo rilevare l'indeterminatezza di quest'ultimo luogo; ma nemmeno il primo può valere come base cronologica. L'autore del dialogo dice soltanto che Ipparco mandò ad Anacreonte un pentecontoro. Poniamo pure che l'espressione ἐπ 'Ανακρέοντα τὸν Τήϊον unita senz'altro alla notizia della spedizione della nave riveli nella mente di Platone o Pseudo-Platone il presupposto che Anacreonte dimorasse in quel tempo nella sua patria. Ciò — anche attribuendo piena fede al nostro autore — non giustificherebbe l'illazione che Anacreonte allora per la prima volta si fosse mosso da Teo. Ma è verosimile che una circostanza tanto secondaria nella vita del poeta e nelle sue relazioni con Ipparco si fosse conservata così tenacemente nel quarto secolo, quando l'ignoranza di avvenimenti ben più significanti si rivela in questo dialogo, come nel fatto che — nonostante le proteste di Tucidide (VI 54-55). — Ipparco è designato come il più anziano dei figli di Pisistrato? Inoltre gli anacronismi sparsi a piene mani nelle opere platoniche mostrano che l'errore non sarebbe il più grave e nemmeno isolato. In conclusione Anacreonte può essere stato in Tessaglia presso Echecratida, anteriormente alla sua dimora presso Ipparco. Sappiamo anzitutto che Anacreonte, dopo che Arpago ebbe assoggettata la Ionia, andò coi suoi in Abdera: ciò si ricava indirettamente da Strabone (pag. 644 D), la cui testimonianza è completata e illu-

(1) Cfr. *Bollettino di Filologia Classica* ibid. in cui ho avanzata la congettura che il nome Δύσηρις sia derivato da Δύσσυρις (= δύστηνος Σύρις) corrotto e restituito con Δύσηρις o Δύσερις, nome non insolito.

Digitized by Google

strata dall' epigramma dedicato ad Agatone Ἀβδήρων προθανόντα (PLG. fr. 100). È probabile che da Abdera Anacreonte siasi recato in Tessaglia, dalla Tessaglia passasse alla corte di Policrate, e, dopo morto Policrate si recasse presso Ipparco. Questa costruzione si concilia colla circostanza che mentre Anacreonte è il poeta di Echecratida, Simonide è il poeta di Antioco. Echecratida sarebbe così un contemporaneo di Pisistrato, forse alquanto più giovane e più recentemente salito al trono, rimanendo incerto se gli sopravvivesse.

Intorno alla politica degli Echecratidi sappiamo una cosa soltanto: che mantennero buone relazioni d' amicizia con Pisistrato e coi Pisistratidi. Un figliastro di Pisistrato, Egesistrato, ebbe il soprannome di Tessalo, che non può essere altrimenti spiegato se non come un omaggio al popolo tessalico, la cui fede Ippia sperimentò nel 510 (Herod. V, 63): e quando questi fu bandito, i Tessali gli offrirono Iolco. Dal medesimo luogo di Erodoto si ricava che Aminta di Macedonia offrì ad Ippia Antemunte: se da questa comunanza di relazioni d' amicizia collo stesso sovrano di Atene si debba inferire una cordialità di relazioni tra la corte di Macedonia e quella di Tessaglia, è prudente non definire nell' insufficenza di elementi per un giudizio sicuro. Tuttavia non è arrischiato asserire che sulla fine del sesto secolo non poteva esservi convergenza di interessi e conseguente conflitto, essendo troppo diversa la sfera d' azione e d' espansione, nè potendo il re di Macedonia sulla fine del sesto secolo avere le aspirazioni di Perdicca II e di Archelao, nè i principi tessali concepire una politica d' espansione come quella di Giasone di Feere. La morte d' Antioco provocò certo una crisi, quantunque non immediata. Se Cinea non era un epitropo di Echecratida II (1), si era, come abbiam visto, risuscitata l'antica figura del tago come semplice capo d'esercito e il κοινόν tessalico continuò a funzionare mantenendo un rapporto di livellamento tra le varie dinastie tessaliche; ma questo stato di cose non durò a lungo. Prima della fine del VI secolo, abbiamo in Tessaglia la dominazione degli Alevadi, che si prolunga oltre la fine delle guerre persiane.

Edoardo Meyer inclina a connettere la catastrofe degli Scopadi col ritorno degli Alevadi al potere (III, p. 366). La combinazione è plausibile perchè, supposta la

---

(1) Erodoto (V, 63) chiama Cinea ἄνδρα Κονιαῖον; quest'aggettivo etnico è stato ritenuto, corrotto ed emendato in varie guise. L'esistenza di città e villaggi nella Tessaglia coi nomi di Konítza Koniskós, Konisópolis raccomandano il mantenimento della lezione. Un Cinea lo troviamo pure ai tempi di Filippo (Demosth. XVIII, 295; Theop. apd. Harpocrat.; Polyb. XVII, 4). A stabilire che il nostro fosse un progenitore, non basta l' identità del nome.

Digitized by Google

stretta alleanza tra la casa di Crannone e quella di Farsalo, è probabile che durante la minorità di Echecratida II figlio di Antioco, gli Scopadi esercitassero un'azione prevalente, se non formale, effettiva nel governo di tutta la Tessaglia. In tal caso la catastrofe degli Scopadi si deve porre tra il 510 e il 502. Secondo una leggenda dominò Targelia, vedova d'Antioco, su tutta la Tessaglia. (Per la bibliografia ved. E. Meyer ibid.) per altri 30 anni (510-480), e fece una propaganda attiva in favore dei Persiani. Ma dell'azione di questa Targelia Erodoto non sa nulla, ed è certo una fiaba non solo la sua propaganda in favore dei Persiani, ma anche il suo regno trentennale: Targelia è un riflesso di Aspasia secondo la concezione aristofanesca. Un terminus ante quem per il ritorno al potere supremo degli Alevadi di Larissa l'abbiamo nella notizia cronologica preposta alla decima pitica di Pindaro, in cui è detto che Ippocle pelinneo vinse nella 22^ma^ pitiade (582 A. C. dalla fondazione dell'ἀγὼν χρηματίτης nel 586 come risulta dal dato di Pausania (X, 37, 5-8 cfr. Böckh Explic. ad Pind. *Pylh.* X, che stabilisce l'olimpiade 69, 3. Jacoby, *Das Marmor Parium* p. 102-105). In quest'occasione Pindaro (verso 64) invoca Torace, che è senza dubbio il medesimo nominato da Erodoto (IX; 58). Sotto gli Alevadi certamente vi fu una guerra tra i Tessali e i Focesi (Herod. VIII, 27-30) poco prima dell'invasione di Serse: anzi a giudicare dalle parole di Erodoto (ibid. 29): « ora presso il barbaro siamo tanto potenti che è in poter nostro privarvi del paese e assoggettarvi » sembrerebbe che la marcia di Serse fosse già cominciata. Senonchè è molto verosimile che Erodoto abbia riavvicinati due avvenimenti alquanto distanti di tempo, per la preoccupazione del loro reciproco nesso causale. Erodoto infatti dice che molti anni prima di questa marcia, i Tessali furono sconfitti dai Focesi: poscia aggiunge che i Tessali dopo aver protestato che avrebbero potuto vendicarsi dello strattagemma con cui i Focesi paralizzarono la cavalleria tessalica valendosi delle forze del re di Persia, si offrirono di allontanare dal loro territorio l'invasione persiana dietro lo sborso di 50 talenti, e che i Focesi rifiutarono la proposta. L'espressione « non molti anni prima di questa spedizione del re » è troppo indeterminata e troppo elastica per collocare con sicurezza le guerre dei Tessali contro i Focesi solo alla vigilia della spedizione di Serse: tanto si può trattare di 3 o 4 anni quanto di *10* o *15*. In ogni modo è escluso che questo fatto d'arme possa venire identificato con quello connesso con la battaglia di Ceresso contro i Beoti, come abbiamo dimostrato, specialmente perchè lo stesso Erodoto (§ 29) si esprime in modo da far comprendere che i conflitti tra due popoli furono frequenti: πρόσθε τε γὰρ ἐν τοῖσι Ἕλλησι, ὅσον χρόνον ἐκεῖνα ἡμῖν, ἤνδανε, πλέον ἀεί κοτε ὑμέων ἐφερόμεθα. Ora, se la data di questa guerra fra Tessali e

Digitized by Google

Focesi può alzarsi, non è inverosimile che nel successo di questa spedizione in cui gli Alevadi speravano di riacquistare il loro protettorato su Delfo, cercassero un consolidamento del loro prestigio. Ma si tratta di congettura, e a noi basta avere solo additato un' approssimativa probabilità.

Ora è prezzo dell' opera indagare perchè gli Alevadi favorissero la causa persiana. Stando la testimonianza d' Erodoto e il popolo tessalico (VII, 172) era contrario ai Persiani e subiva soltanto la politica degli Alevadi. Quanto meriti fede la voce raccolta da Erodoto che i Tessali mandassero messaggeri all' istmo per suggerire i punti strategici da occupare al fine di porre argine all' invasione, è difficile stabilire: Erodoto attribuisce seguendo una tradizione evidentemente falsa e interessata, la stessa sollecitudine ad Alessandro I di Macedonia che solo ἐπ' ἐξεργασμένοισι abbracciò la causa ellenica (1): non fa meraviglia che le stesse alterazioni della verità fossero avvenute per nobilitare la condotta degli altri popoli. Ma d' un' antitesi tra gl' interessi della dinastia e i sentimenti della popolazione, ne avremo un esempio più recente e meno contestabile, quando Brasida avrà bisogno di attraversare la Tessaglia per colpire Atene nei possedimenti calcidesi. Pertanto non vi ha nulla a meravigliare che la dominazione degli Alevadi in Tessaglia non godesse molto favore, ma fosse accetta soltanto a una minoranza del paese. Inoltre l' insuccesso della guerra contro i Focesi non dovè certamente contribuire a rinsaldare la loro posizione; ma, se non avvenne la catastrofe in quella contingenza, fu solo perchè nessuna potente dinastia era in grado di pigliarne l' eredità. In queste circostanze si comprende come gli Alevadi caldeggiassero la causa persiana, prescindendo anche dalla considerazione che i governi aristocratici e monarchici, o quelli contemperati di aristocrazia e democrazia avevano tutto da guadagnare con l' adesione al gran re. Dario per essere sicuro della fedeltà dei Greci asiatici aveva favorito e promosso le tirannidi che nel re di Persia o meglio nel suo satrapo trovavano il paracadute contro il trionfo della democrazia. Non diversamente si contenne alla distanza di circa due secoli e mezzo Antigono Gonata. Ippia, tiranno spodestato di Atene, non trovò di meglio che rifugiarsi presso il re di Persia, il che sarebbe per sé solo cosa di poca importanza per valutare la situazione politica, se non sapessimo l' interesse che Artaferne mostrò per la reintegrazione di Ippia (Herod. V, 72). Si può osservare che Atene era uno stato democratico, mentre nella Tessaglia si era appena in condizione da concepire un

(1) Vedi Excursus in *Rivista di Storia Antica* anno X. fascicolo 3° pag. 381-384.

Digitized by Google

reggimento democratico come un ideale lontano: quindi l'aristocrazia tessalica poteva come l'aristocrazia tebana essere inclinata al riconoscimento della sovranità persiana, e gli Alevadi non avere una speciale ragione di attaccamento alla causa persiana. Certamente non potremmo affermare che se in luogo degli Alevadi avessero dominato gli Echecratidi o gli Scopadi non sarebbe stata possibile l'alleanza con la Persia, e non possiamo escludere che l'aristocrazia tessalica fosse interessata al trionfo dell'impresa di Serse. Tuttavia non possiamo vedere un motivo plausibile di favore per la causa persiana nella aristocrazia tessalica. Tebe l'abbracciò non perchè fosse aristocratica, ma per l'odio e la rivalità contro Atene: Argo per l'odio e la rivalità contro Sparta. La rivoluzione democratica in seguito alla vittoria finale dell'Ellenismo, in Tebe abbattè il partito aristocratico (Beloch, *Griech. Gesch.* I, p. 451), accusandolo probabilmente di medismo; ma la democrazia ebbe solo una fortuna più che il merito di non essere allora al potere, altrimenti anch'essa avrebbe aderito alla causa persiana (1). La condotta della Tessaglia non dovette essere senza una forte e decisiva influenza sulla condotta di molte città medizzanti (2). Se gli Alevadi avessero, sposando la causa nazionale, raccolte tutte le forze e sbarrate le vie che conducevano nella valle del Peneo, la confidenza del successo avrebbe incoraggiati gli altri Greci tentennanti e soffocata la voce della gelosia: un rinforzo dell'esercito alleato negli sbocchi dell'Olimpo, avrebbe impedito l'ingresso delle truppe in Tessaglia, e la flotta persiana sarebbe rimasta senza il collegamento e la protezione dell'esercito terrestre. Ma l'interesse supremo degli Alevadi era nel trionfo dei Persiani, poichè in tal modo avrebbero più sicuramente protetto il loro trono contro ogni eventualità di vicende avverse, mentre il trionfo della causa nazionale non era preveduto o sperato. Il re di Persia vittorioso avrebbe insediato un satrapo in Europa: agli Alevadi avrebbe garantita stabilità di dominio, e sarebbe stata così interdetta per sempre alle altre case regnanti la speranza di ritogliere loro la sovranità su tutta la Tessaglia. Senza dubbio questi calcoli avrebbero anche potuto essere fallaci, ma tutto cospira per

---

(1) Basta ricordare che Ismenia, il futuro martire della democrazia dopo l'occupazione della Cadmea perpetrata dagli Spartani nel 383, fu quello che coll'oro persiano maneggiò la faccenda della coalizione contro Sparta (Plat. *Menon* 90 A).

(2) Ne è prova che i Tebani defezionarono dalla causa nazionale solo dopo le Termopili. La versione d'Erodoto (VII, 233) che i Tebani combatterono a fianco degli altri Greci ὑπ' ἀναγκαίης è improntata alla massima malevolenza, e giusta è la critica esercitata da Plutarco (p. 862 E), se ne togli l'accusa di malafede ad Erodoto.

Digitized by Google

la verisimiglianza che gli Alevadi questi calcoli facessero. La disfatta di Salamina e quella di Platea dovevano contenere i germi della catastrofe degli Alevadi.

VII. — La Tessaglia dalla fine delle guerre persiane alla dominazione degli Aparidi.

Terminata la guerra persiana si tenne un consiglio anfizionico, in cui per iniziativa dei delegati spartani si propose di escludere dall'anfizionia tutti gli stati che avevano fatto omaggio al re di Persia (Plut. *Them.* 20). A questa testimonianza ingiustamente si nega fede da qualche storico (E. Meyer G. d. A. p. 521); perchè è certo che, escluse dall'anfizionia le città della Tessaglia e Tebe, Sparta avrebbe acquistata una posizione prevalente e si sarebbe in qualche modo risarcita della defezione degli alleati passati sotto l'egemonia ateniese (1). Fallito questo tentativo pei maneggi di Temistocle, gli Spartani di loro iniziativa fecero nel 476 una spedizione in Tessaglia (2), alla quale preposero Leotichida (3), il vincitore di Micaole. I particolari di questa spedizione non sono noti: sappiamo di certo solo, che Leotichida subì un processo per corruzione da parte dei principi tessali, in seguito al quale fu detronizzato, e andò a Tegea (Herod. VI, 73). Un'altra notizia ci è

---

(1) La connessione coll'aneddoto del disegno concepito da Temistocle di incendiare la flotta spartana che sarebbe stata ancorata nel porto di Pagase, non toglie fede alla realtà storica del consiglio anfizionico. Il motivo addotto da E. Meyer che l'anfizionia solo dopo la guerra sacra ha acquistato significato politico, non è sufficiente a distruggere la tradizione. Il potere anfizionico era nullo per sè stesso, ma poteva servire bene ai fini reconditi d'uno stato potente. Niente quindi di più facile che Sparta cercasse di sfruttare la sua forza morale. Del resto colla fine della prostasia spartana sugli alleati si era gittato il germe delle rivalità tra Sparta e Atene, e la percezione di questo stato di cose era chiaro agli uomini politici tanto di Sparta che di Atene.

(2) Diodoro (XI, 48) ricorda la morte di Leotichida (male a proposito, vedi n. seg.) nell'anno dell'arcontato da Fedone 476|5. Siccome è il primo avvenimento che narra, non è improbabile che la spedizione tessalica, con cui egli collega certamente la morte, abbia avuto luogo nella prima metà dell'anno attico cioè nel 476. È certo tuttavia che fu anteriore alla presa di Eone operata da Cimone (vedi il testo) e posteriore al consiglio anfizionico, in cui Sparta cercò di attuare il piano di escludere dall'anfizionia gli stati medizzanti, frustratole da Temistocle (Plut. *Them.* 20). Quando alla pertinenza all'anno 476/5 della spedizione tessalica, vedi la n. seg.

(3) L'opinione di E. Meyer (*Forschungen* II, p. 502/603) che Leotichida abbia fatto la spedizione in Tessaglia nell'anno 469/8 (estate 468, p. 507) si fonda sopra una ricostruzione molto ingegnosa della lista degli Euripontidi, la quale presso Diodoro offrirebbe per ciascun re l'anticipazione di otto anni a causa dell'errore commesso di aver fatto morire Achidamo III alla fine della guerra sacra dopo 23 anni di regno (Diod. XVI, 63), mentre la sua fine coincide a un dipresso con la battaglia di Cheronea (Diod. XVI, 88 *Camil.* 19). Il Beloch (G. G. III, 2, p. 111) obietta che da Diodoro (XVI, 63) non si ricava che egli abbia posto la morte d'Archidamo nel 346 »: dopo ciò Archidamo avendo navigato in Italia e stretta alleanza coi Tarentini, morì in

Digitized by Google

giunta, che in seguito alla marcia di Leotichida, Aristomede ed Angelo (certamente Alevadi) furono privati del potere. Come si concilia questa notizia coll' imputazione di tradimento in seguito a corruzione da parte degli Alevadi fatta a Leotichida? Che fosse stata abbattuta la dinastia regnante, e fosse stata dissoluta l'unità della Tessaglia, era il massimo trionfo di Leotichida e il più rimunerativo successo della spedizione giacchè a una conquista della Tessaglia, (E. Meyer III, p. 520; Busolt. G. d. G. II, p. 86) come crede qualche storico moderno, non era neanche lontanamente da pensare. Sparta non fu capace di conquistare una parte della Tessaglia neanche, quando 60 anni dopo la spedizione di Leotichida, fondata Eraclea di Trachinia, aveva un'efficace base d'operazione. D'altra parte come senza una flotta agguerrita ed esperta poteva sperare di mantenere la supremazia sopra un paese tanto lontano dai propri confini? Il tradimento dei re, nonostante la fede che vi annettono storici illustri, (Busolt, III, p. 83, E. Meyer, II, p. 520), ritorna troppo frequentemente nella storia di Sparta, ed è così incomprensibile in questa circostanza, che non può rimanere un sol momento il dubbio intorno al carattere settario dell' accusa. La verità è che Leotichida appena apparve in Tessaglia, scoppiò una rivolta che fece crollare il potere degli Alevadi: ma fino a Larissa Leotichida non si potè spingere, essendo questa via difficile e pericolosa, se è vero quel che

---

una battaglia avendo combattuto valorosamente.... »; e suppone che i 15 anni assegnati ad Agide II (Diod. XVI 63) derivino da un corruttela in cui Θ indicante il numero 9 sarebbe stato alterato in E. e un lettore per togliere l' incongruenza abbia corretto in IE, avendo presente che Agide era morto effettivamente 15 anni dopo. Sia o no corruttela nel testo di Diodoro, io ritengo il presunto errore fondamentale di Diodoro, non basti a spiegare la successione del regno di tutti i predecessori di Archidamo. Infatti Agesilao è morto nel 360/9 al più presto, se vogliono salvarsi i 40 anni abbondanti di regno assegnatigli da Plutarco. (*Ages.* 40): forse è morto l'anno 359/8, poichè difficilmente può essere asceso al trono prima del 399 (400/99) come si ricava da Senofonte (Hellenic. III. 2. 21). E. Meyer (p. 500) è costretto a supporre che nell' esemplare di Diodoro, che dava la lista genuina, siasi contato invece della morte l' anno della sua partenza per l' Egitto: espediente che sa troppo di ripiego. Un'adulterazione di tutta la lista per la data sbagliata della morte di un Euripontida nel quarto secolo è difficilmente ammissibile, poichè la fonte cronografica non poteva, per la cronologia di un periodo tutt'altro che oscuro, fondarsi sovra un unico dato e costituire in base ad esso la serie di successione. Si comprende invece che, essendosi perpetuata direttamente la stessa linea nelle persone di *Leotichida (Zeussidamo) — Archidamo — Agide*, alla morte di Leotichida l'autore seguito da Diodoro dicesse presso a poco: « la discendenza di Leotichida si mantenne sul trono sino alla morte di Agide, avendo Archidamo figlio di Zeussidamo, regnato 42 anni e Agide figlio di Archidamo 27. Quindi il regno passò alla linea collaterale inaugurata da Agesilao fratello di Agide ». Ammettendo che a Leotichida quando fu processato si facesse la colpa di corruzione nella spedizione in Tessaglia, a quel modo che a Pausania II dopo Aliarto si fece una colpa della sua benevolenza verso Atene, si spiega che nel 476/5 si ponesse per errore il suo bando: questo fu il πρῶτον ψεῦδος. Che la spedizione di Tessaglia difficilmente potesse aver luogo intorno al 470, Cfr. Busolt. III, 1, p. 83, n. 1. Vedi *Rivista di Filologia*, XXXI, 2°, p. 233, n. 1.

Digitized by Google

narra Tucidide (IV, 69) che non poteva un esercito attraversare la Tessaglia senza la guida e il consenso degli abitanti. Sul momento non si ebbe nulla a ridire sulla condotta del Leotichida, ma dopo la catastrofe di Pausania anche egli soccombette all'ira di parte.

L'abbattimento degli Alevadi non fu seguito da un'immediata instaurazione d'un'altra dinastia, o almeno non abbiamo la prova sicura di ciò nelle nostre fonti. Anzi un episodio delle imprese di Cimone escluderebbe quest'ultima probabilità. Nello stesso anno attico in cui avvenne la spedizione di Leotichida, Cimone espugnava Eone con l'aiuto di Menone Farsalio, il quale aveva concorso con 12 talenti d'argento, 300 cavalieri, e una schiera di penesti (Demosth. *Contr. Arist.* 199). Certamente il linguaggio di Demostene è tale che non ci permette pensare a una regolare alleanza di tutta la Tessaglia con Atene; poichè oltre che delle forze consistenti negli ἴδιοι πενέσται, le onoranze sono rese personalmente a Menone, conferendoglisi la cittadinanza. Quale posizione aveva Menone? Era un principe o era una specie di feudatario? Un Menone troviamo al principio della guerra peloponnesiaca, che viene a portare soccorso ad Atene: il Westermann ed il Rosenberg (Demosth. ibid.) lo ritengono identico al Menone menzionato da Tucidide (II, 22); e non neghiamo la possibilità di ciò, quantunque non ne vediamo a dir vero la verisimiglianza. Ma in qualunque senso si risolva la questione, non viene maggior luce all'altra del posto che il contemporaneo di Cimone aveva nel suo paese, giacchè anche allo scoppio della guerra del Peloponneso non conosciamo il nostro Menone altrimenti che come duce d'esercito. Gli elementi per una ricerca particolareggiata intorno alle condizioni della Tessaglia dopo le guerre persiane, ci mancano: pure abbiamo qua e là qualche cenno sparso che può riuscire prezioso mediante un opportuno lavoro di coordinamento e di connessione. Oltrechè di questo Menone, il quale sarebbe stato un alleato di Cimone nella fase ultima delle guerre persiane, abbiamo notizia di Echecratida II, il quale fu re di tutta la Tessaglia, e di Oreste suo figlio, principe direttamente spodestato o profugo insieme col padre spodestato (Thucyd. I, 111). Inoltre la celebre iscrizione di Daoco contiene la genealogia dei principi tessali fino a Daoco II in quest'ordine, 1) Acnonio figlio di Aparo chiamato τέτραρχος Θεσσαλῶν (= Θετταλιωτῶν?), 2) Agia, Telemaco e Agelao, figli di Acnonio, 3) Daoco I figlio di Agia, il quale avrebbe regnato su tutta la Tessaglia per 27 anni, 4) Sisifo, figlio di Daoco I, 5) Daoco II, 6) Sisifo figlio di Daoco II.

Altrove (*Riv. di Fil.* XXIX, p. 464-72) mi pare d'aver dimostrato che il regno di Daoco I non può in alcun modo circoscriversi entro i termini adattati

Digitized by Google

dall' Homolle ai 27 anni dell' epigrafe (B. C. H. XXI. p. 592 e sq.), ma che bisogna spostare più in alto questo lungo periodo, e che con tutta probabilità al tempo in cui salì al trono Archelao di Macedonia, Daoco era già morto o decaduto dal potere da un pezzo. Se queste conclusioni sono giuste, Agia è con tutta probabilità stato un contemporaneo di Echecratida II: in tal caso per l'attività politica di Acnonio si risale verso il tempo delle guerre persiane. Se Aparo abbia mai avuto nella sua patria una posizione politica rilevante, non siamo in grado di stabilire: ma Acnonio è chiamato τέτραρχος Θεσσαλῶν. Poichè Menone si alleò cogli Ateniesi nel 476/5, era in grado di rivaleggiare colle altre famiglie aspiranti alla suprema autorità nella patria. Di tal rivalità approfittò probabilmente il legittimo erede del trono di Farsalo Echecratida II, anche perchè nello spirito generale della Tessaglia si determinava forse una corrente favorevole al ristabilimento dell' unità, e una propensione per l' antica casa di Farsalo. È intuitivo che gli Echecratidi avevano il vantaggio delle tradizioni di famiglia su cui nè i Menonidi nè gli Aparidi potevano contare. Onde Echecratida II divenuto sovrano della sua patria fu riconosciuto tago di tutta la Tessaglia. Noi possiamo determinare anche con relativa sicurezza, se non l' anno preciso, almeno il terminus ante quem dell'elevazione di Echecratida II alla suprema dignità. Dopo che gli Spartani ebbero rifiutato i soccorsi di Cimone venuto ad aiutarli nella critica contingenza della sollevazione degli Iloti, gli Ateniesi strinsero alleanza cogli Argivi nemici di Sparta, e i Tessali (Thucyd. I, 101). Ricordando che meno di dieci anni dopo questo avvenimento (Thucyd. I, 111) Oreste, figlio di Echecratida, venne a implorare l' aiuto degli Ateniesi per esser reintegrato nel regno avito, non è temerario sospettare che il sovrano con cui gli Ateniesi strinsero alleanza fosse proprio Echecratida II. In tal caso Echecratida II avrebbe potuto riacquistare il trono poco più tardi del 470: determinazione più precisa è impossibile. Noi siamo in grado di congetturare con sufficiente sicurezza anche quando Echecratida perdè il regno. Nella prima metà dell' estate del 457 (Diod. XI, 82) i cavalieri tessali, venuti in soccorso degli Ateniesi alla battaglia di Tanagra, defezionarono ai Lacedemoni. È difficile non vedere un nesso causale tra questa defezione e la caduta di Echecratida II o del figlio Oreste. Forse non si erra supponendo che in questo tratto di tempo morisse Echecratida II, e in quest'occasione si ravvivassero le varie passioni che, esplose, posero fino per sempre alla dominazione degli Echecratidi. Che gli Ateniesi subito dopo la vittoria di Enofita marciassero contro Farsalo, lo riferiva Eforo (Diod. XI, 83; 4), ma la notizia non merita alcuna fede, atteso il silenzio di Tucidide (I, 108). La marcia contro Farsalo avvenne solo dopo le sollecitazioni di Oreste.

Digitized by Google

Dopo la cacciata d'Oreste la Tessaglia rimase per qualche tempo priva del tago. La rivoluzione non fu certo a beneficio degli Aparidi, poichè Agia figlio di Acnonio, è ricordato soltanto come vincitore del pancrazio in Olimpia, nelle Nemee, nelle Pitie, nelle Istmiche. Se avesse avuta una posizione politica importante, se ne sarebbe fatto cenno per lui, a quel modo che si è fatto pel padre. Farsalo in ogni modo era ormai la città che poteva più d'ogni altra aspirare a dirigere le sorti della Tessaglia. Il prestigio degli Alevadi era ormai stato scosso in seguito alla loro manifesta partecipazione alla guerra contro la causa nazionale, come si rivelò nella spedizione di Leotichida, nè era destinato punto a rilevarsi. Si noti che nella Pelasgiotide cominciava ad acquistare incremento Fere, che non era ancora in grado di aspirare al primato, ma la sua rivalità con Larissa doveva molto indebolire la potenza di quest'ultima. Inoltre gli Scopadi di Crannone difficilmente potevano perdonare agli Alevadi di essersi innalzati sulla loro rovina ed erano pronti a rinnovare con qualunque casa di Farsalo l'alleanza stretta una volta con gli Echecratidi. In questo stato di cose tutte le circostanze erano favorevoli all'innalzamento di uno dei Menonidi o uno degli Aparidi; e avendo la casa di quest'ultimi, incontrato maggior favore, Daoco, figlio di Agia, divenuto signore di Farsalo fu riconosciuto tago di tutta la Tessaglia. Menone continuò in patria ad avere un'alta posizione: le autonomie locali si affermarono sempre di più, talchè, se Daoco I potè regnare 27 anni, questo lungo periodo d'impero si deve più alla sua attitudine conciliatrice e forse alla sua debolezza, che a qualità d'ingegno eccezionale. Non potendosi determinare con esattezza il principio del regno di Daoco I, è naturale che non gli si possa assegnare la fine: ma tutto cospira in favore dell'ipotesi già enunciata che il regno di Daoco I — se non la vita — cessasse prima dell'avvenimento al trono di Archelao di Macedonia. Alla fine del regno di Daoco I Farsalo conservò ancora la signoria sugli Achei Ftioti; poichè come sudditi dei Tessali ci son presentati nel 413 (Thucyd, VIII, 3); ma appunto allora entrarono nel raggio d'influenza spartana (Xenoph, I, 2-18, vedi appresso), e non furono più riguadagnati alla dinastia di Farsalo.

Tra la fine del regno di Daoco I e la rivoluzione dei penesti non fu probabilmente questo soltanto l'avvenimento che si maturò: ma dobbiamo porne anche altri, che, essendocene pur troppo giunte notizie a brandelli, è difficile coordinare in base a un sicuro cardine cronologico. Aristotele (Polit. p. 1306 A = Susehmihl p. 259-60) accenna a un colpo di stato militare risultato dai contrasti faziosi a Larissa sotto la dominazione degli Alevadi aventi a loro capo Simo. Un Simo conosce anche Demostene (XVIII, 48); ma questi, sfruttato da Filippo al tempo della

Digitized by Google

guerra sacra e poi espulso, difficilmente può essere identico al Simo cui allude Aristotele: poichè tra la tirannia di Giasone di Fere e la guerra sacra non sarebbe agevole trovare un posto per queste contese interne di Larissa. In ogni modo, anche se teoricamente potesse difendersi questa collocazione cronologica, non sarebbe l'ipotesi preferibile. Aristotele altrove (ibid. p. 1275 B = Sus. p. 66) ricorda un paragone arguto di Gorgia tra i fattori di mortari (ὁλμοποιούς) che fanno i mortari, e gli operai che fanno i Larissei (οὕτω καὶ Λαρισσαίους τοὺς ὑπὸ τῶν δημιουργῶν πεποιημένους) questo luogo va connesso con un altro (ibid. 1305 B = Sus. p. 258) che è prezzo dell'opera trascrivere in parte: κινοῦνται δ' αἱ ὀλιγαρχίαι ἐξ αὑτῶν καὶ διὰ τὴν φιλονεικίαν δημαγωγούντων, ἡ δημαγωγία δὲ διττὴ (segue una similitudine con la tirannide dei trenta e l'oligarchia dei quattrocento in Atene) ἢ ὅταν τὸν ὄχλον δημαγωγῶσιν οἱ ἐν ὀλιγαρχίᾳ ὄντες, οἷον ἐν Λαρίσῃ οἱ πολιτοφύλακες διὰ τὸ αἱρεῖσθαι αὐτοὺς τὸν ὄχλον ἐδημαγώγουν. . . . . .

I πολιτοφυλακες cui qui si accenna sono i δημιουργοί di cui Aristotele parla nell'altro luogo. In molte città e confederazioni della Grecia troviamo il nome δαμιοργοί nell'accezione di membri di una bule o di magistrati con potere esecutivo. E appunto i πολιτοφύλακες sembrano costituire un organo di governo con potere esecutivo. Ma δημιουργοί nel precitato luogo di Aristotele difficilmente può avere il significato tecnico di cui si trovano vestigia altrove: non intendo dare importanza all'uso della forma ionica (δημιουργοί), poichè Gorgia avrebbe potuto adoperarla in omaggio ad un uso che troviamo sempre praticato in Erodoto, o potrebbe esserne responsabile lo stesso Aristotele o il trascrittore attico d'Aristotele, come nel caso in cui nel testo di lui si trova ἱστορίης ἀπόδειξις in cambio di ἀπόδεξις. Pertanto che δημιουργοί possa teoreticamente essere la traduzione del tessalico δαμιοργοί adoperato come designazione tecnica, a nessuno può venire in mente di contrastarlo; ma dal contesto del discorso appare più verisimile che la parola venga qui adoperata nella sua più generica accezione, specialmente avuto riguardo alla spiegazione εἶναι γάρ τινας Λαρισοποιούς, contro la quale a torto è stata sentenziata l'atetesi. Noi possiamo a un dipresso ricostruire il nesso del pensiero di Gorgia. Egli ha parlato di questa magistratura elettiva, denominandola πολιτοφύλακες, e notando che trascinano le turbe, gli ha chiamati umoristicamente Λαρισοποιοί: quindi applica loro la immagine di operai (δημιουργοί), e Aristotele ha creduto per ragione di chiarezza connettere l'idea prima espressa nella parola Λαρισοποιοί con quest'ultima, mediante una proposizione esplicativa. Se ripensiamo alle rivalità tra Medio e Aristippo intorno al 403, ci si presenta quest'istituzione come l'indice più adatto delle aspirazioni impazienti d'una parte dei Larissei e della necessità

Digitized by Google

sentita da chi dominava, di transigere e capitolare; ma incominciato il movimento non si arrestò, e finì colla guerra civile combinata con l'azione di Licofrone. Noi così possiamo immaginare che intorno al 410 Simo e gli altri Alevadi dominanti furono costretti a concedere a beneficio dei loro συγγενεῖς una più larga partecipazione al governo; ma, suscitandosi nuovi dissensi, si ricorse all'elezione d'un μεσιδίος ἄρχων il quale con tutta probabilità fu Medio, che sconfitto da Licofrone, perdette temporaneamente il potere aiutando Aristippo i disegni ambiziosi di Licofrone.

Un altro raggio di luce sulla storia di questo periodo ci viene dal luogo di Diogene Laerzio (II, 25): ὑπερεφρόνησε (Σωκράτης) δὲ καὶ Ἀρχελάου τοῦ Μαπεδόνος καὶ Σκόπα τοῦ Κραννωνίου καὶ Εὐρυλόχου τοῦ Λαρισαίου μήτε χρήματα προσέμενος αὐτῶν μήτε παρ' αὐτοὺς ἀπελθών. Di questi tre personaggi conosciamo con precisione Archelao: il modo come il biografo s'esprime non lascia dubbio che abbia ritenuti gli altri due come suoi contemporanei. Infatti è intuitivo che l'Euriloco quì nominato non può essere certo quello che condusse la guerra sacra: quanto a Scopa abbiamo la prova tassativa che è diverso dallo Scopa contemporaneo di Antioco figlio di Echecratida: onde non c'è neanche per un momento luogo al sospetto che la fonte del biografo facendo contemporaneo di Socrate Euriloco Larisseo e Scopa Crannonio abbia commesso un anacronismo. Fania d'Ereso, scolaro d'Aristotele, ἐν τῷ ἐπιγραφομένῳ Τυράννων ἀναίρεσις ἐκ τιμωρίας Σκόπαν φησὶ τὸν Κρέοντος μὲν υἱὸν, Σκόπα δὲ τοῦ παλαιοῦ ὑϊδοῦν, φιλοποτοῦντα διατελέσαι.... (Athen, p. 438 C.) L'antitesi con uno Scopa l'antico mostra che di Scopa ce n'erano stati due soli: così Antipatro figlio di Cassandro portava lo stesso nome Ἀντιπάτρου τοῦ παλαιοῦ (Plut. *Demetr.* 38) il padre dell'uno e dell'altro Scopa si chiamava Creonte; talchè si potrebbe stabilire questa genealogia

Creonte I.
Scopa I (ὁ παλαιός).
Creonte II.
Scopa II (ὑϊδοῦς Σκόπα τοῦ παλαιοῦ).

Ove si ammetta che l'ὑϊδοῦς non vada preso alla lettera, nulla vieta di supporre che tra Scopa I e Creonte II sia interceduta la generazione rappresentata da un altro principe: allora potremmo stabilire per l'età di Scopa II l'ultimo ventennio del quinto secolo. Se l'accenno di Senofonte (*Hell.* VI, 1, 19), che Giasone προεῖπε δὲ τοῖς περιοίκοις πᾶσι καὶ τὸν φόρον ὥσπερ ἐπὶ Σκόπα τεταγμένος ἦν, φέρειν deve intendersi nel senso che Scopa dominò su tutta la Tessaglia, il punto più acconcio per collocare la sua tagia è il periodo immediatamente posteriore a quello di Daoco I, e, se di essa non è rimasta traccia nella storia, ciò dipende sol-

Digitized by Google

tanto dalla sua effimera durata. Euriloco di Larissa sarebbe stato uno degli Alevadi περὶ Σῖμον, se non l'immediato predecessore di quest'ultimo: e la sua azione politica si sarebbe svolta soltanto dentro Larissa. Così dopo lo spazio di 27 anni trascorso in relativa quiete sotto Daoco I, avremo in Tessaglia un passeggero dominio degli Scopadi di Crannone, seguito dalla dissoluzione della compagine tessalica, e di questa dissoluzione cercherà di approfittare la Macedonia, in cui gli ultimi due sovrani del quinto secolo mirarono a estendere l'àmbito della loro potenza.

VIII. — L'intervento macedonico in Tessaglia.

Il tentativo da parte della Macedonia di estendere in Tessaglia la sua sfera d'influenza, non si manifesta la prima volta al tempo di Filippo il padre d'Alessandro Magno, ma data fin dal tempo in cui la Macedonia, avendo già vinto le difficoltà incontrate nel suo movimento d'espansione a nord ed a oriente, cominciò a rivolgere verso il sud i suoi sguardi cupidi. La debolezza di coesione nell'organismo del regno di Macedonia, non essendo mai stati sopiti gli spiriti di indipendenza dei singoli stati, ritardarono di circa un secolo la realizzazione completa di un'egemonia Macedonica in tutta la Grecia; ma non c'è dubbio che fin da questo secolo la solidità della compagine del regno di Macedonia si rivela molto maggiore che nella federazione non abbastanza tenacemente saldata delle città tessaliche. Infatti, mentre in Tessaglia nessuna città o cantone arrivò a fondare un'egemonia stabile e duratura in tutta la regione, in Macedonia questa posizione preminente fu tenuta dal paese che è tra l'Assio e l'Aliacmone: mentre in Tessaglia la monarchia omerica era stata travolta dalla preponderante aristocrazia, talchè è difficile stabilire se qualche antica dinastia fosse sopravvissuta (vedi sopra pag. 31-32), in Macedonia si era conservata coi dovuti contemperamenti e adattamenti la monarchia omerica, il cui potere, sebbene circoscritto, non fu mai ridotto a una funzione decorativa o a una larva, come avvenne in quasi tutti gli stati della Grecia. Se quindi il corso degli avvenimenti si volse favorevole ai destini della Macedonia, che potè esercitare l'alta missione di potenza unificatrice, mentre in Tessaglia più ricca di naturali risorse, posta in posizione più favorevole potè sorgere soltanto un principe che concepisse il magnifico disegno d'una politica panellenica, che fu soppresso con lui dal pugnale dei congiurati — la ragione non va ricercata solo nell'accidente che pure ha tanta parte nella determinazione dei fatti storici.

Daoco I era diventato sovrano di tutta la Tessaglia in seguito a una transazione amichevole con le case rivali, specialmente con quella di Menone. Ciò spiega

Digitized by Google

l'amicizia per Atene, verso la quale è nota la simpatia dei Menonidi. La Tessaglia infatti al principio della guerra del Peloponneso — che senza dubbio formava una federazione, come appare evidente dall'espressione adoperata da Tucidide « secondo l'alleanza tradizionale » (II, 22) in forza della quale i Tessali sarebbero venuti in soccorso degli Ateniesi, fu alleata di Atene contro Sparta. Ma questa condizione di cose non durò a lungo, poichè cominciarono per tempo a rivivere le simpatie per Sparta e a determinarsi correnti ostili alla politica ateniese, come al tempo in cui fu balzato o interdetto dal regno Oreste figlio di Echecratida II. Meno effimero questo riavvicinamento a Sparta fu con tutta probabilità per l'usurpazione sempre crescente del potere che l'aristocrazia compieva a danno del potere centrale, suffragata dalla presenza di una colonia spartana, Eraclea di Trachinia, fondata nel 426 a. C. La mira di Sparta nella fondazione di questa colonia non poteva essere dubbia: essa era una base d'operazione per un'egemonia sulla Tessaglia, la quale Sparta mirava ad affermare più che con la conquista, con la propaganda della politica filo-laconica. Quando questo fine fosse stato raggiunto, Sparta con l'aiuto di Perdicca avrebbe potuto per via terrestre portare la guerra nel cuore dei dominii ateniesi nella Calcidica come di fatti non tardò a fare. Poichè a Daoco I che regnò 27 anni la lode più alta consacrata nell'epigrafe votiva fu che dominò sulla Tessaglia « non colla violenza ma colla legge », e, come abbiamo visto, l'assenza di vere qualità militari era la causa che, neutralizzando le reciproche gelosie, l'aveva e deportato al potere, la politica tessalica prese una via diversa da quella che aveva determinato la sua ascensione alla sovranità, che sembra essere stata più nominale e decorativa che effettiva. Cosi spieghiamo come nel 424 Brasida, giunto ad Eraclea di Trachinia, mandò messaggeri a Farsalo, non già a Daoco, ma παρὰ τοὺς ἐπιτηδείους, e che guida a lui nel tragitto fu Niconida di Larissa Περδίκκᾳ ἐπιτήδειος ὤν. Tanto gli Spartani che Perdicca avevano dei clienti in Tessaglia; e a questi si rivolgevano più che al sovrano Daoco. Ancora: gli Ateniesi per neutralizzare l'influenza spartana in Tessaglia mandarono a Farsalo Aminia a meneggiarsi per un ristabilimento dell'antica alleanza (1). Lo scopo degli Spartani e di Perdicca era

(1) L'espressione (Aristoph. Vesp. 1266-1267)

τοῖς πενέσταις ξυνῆν τοῖς
Θετταλῶν αὐτὸς πενέστης ὢν ἁλάττων οὐδενός

è quasi di certo tendenziosa. Il poeta comico per mettere in rilievo l'azione demagogica di Aminia finge che tratti coi penesti, ma anche ammessa questa esagerazione, non v'ha dubbio che il fatto stesso di potersi rivolgere alla popolazione per esortarla a seguire una politica contraria a quella del sovrano, è un segno di debolezza del potere centrale.

Digitized by Google

lo stesso, e avrebbe dovuto portare a un conflitto piuttosto che ad una alleanza. Ma la convergenza di interessi immediati li riuniva pel momento, premendo all'uno e all'altro di combattere gli Ateniesi ed essendo ancora abbastanza lontano il giorno in cui le due potenze dovessero disputarsi l'egemonia della Tessaglia. Quando questo giorno venne, Perdicca cessò dalla sua politica di tentennamenti, e si schierò definitivamente dalla parte degli Ateniesi (Thucyd. VII, 9).

Purtroppo la Macedonia richiamò tanto poco l'attenzione degli storici del quinto secolo, che della politica dei re macedonici non abbiamo alcuna notizia diretta, e solo dalla loro condotta possiamo congetturare le idee ispiratrici di questa. Pertanto, se Perdicca al principio della guerra del Peloponneso appoggia i Calcidesi contro gli Ateniesi, poscia per opera di Sitalce si riconcilia con gli Ateniesi — il che non impedisce che a brevissima distanza prenda occultamente parte contro Atene nella guerra Anfilochia —; se nel 424 spiega una condotta decisamente ostile contro Atene, alla quale si mantenne coerente con l'accesso alla lege argivo-laconica (417), stipulatasi dopo la battaglia di Mantinea, provocando il risentimento degli Ateniesi che gli chiusero i porti nel 416 (Thucyd. V, 83), e nel 415 fecero un'incursione con la cavalleria a Metone (Thucyd. VI, 3); se all'incontro poco prima della sua morte (414) Perdicca ci appare alleato degli Ateniesi che li aiuta a ricuperare Anfipoli (Thucyd. VII, 9) — dobbiamo ritenere che gravi interessi nazionali o dinastici gli abbiano consigliato il cambiamento di politica. E. Meyer (G. d. A. IV, 524) opina che la nuova rottura di Perdicca con Sparta si dovesse al mancato invio di truppe da parte di Sparta al tempo delle scorrerie degli Ateniesi contro Metone e della chiusura dei porti. La politica di Perdicca in tal modo sarebbe stata più che altro determinata da un puntiglio, non potendosi altrimenti spiegare il contegno di un potentato che non avendo potuto avere soccorso da uno stato contro un altro, si allea proprio con quello contro cui guerreggiava: al contrario, supponendo che l'incremento dell'influenza spartana in Tessaglia impensierisse seriamente il re di Macedonia, troveremo una ragione più acconcia a intendere il suo operato. Nell'anno 410/9 sappiamo che gli Spartani avevano fatto di Eraclea di Trachinia un considerevole centro di potenza locale, avendogli mandato l'armosta Labota (Xenoph. Hell. I, 2, 18). Gli Achei Ftioti erano in gran parte sotto l'influenza spartana, come rileviamo da Senofonte (l. c.), il quale attesta che, alleati degli Eracleoti contro gli Etei, li tradirono provocando così l'eccidio del presidio Spartano. In quale occasione avvenisse probabilmente questa sommossa vedremo fra poco: ora ci basta rilevare che, essendo questo l'epilogo, non l'inizio dell'azione spartana, non si è arrischiato supporre che gli Spar-

Digitized by Google

tani avessero sin dagli ultimi anni del regno di Perdicca cominciato questo lavoro di espansione e consolidamento della loro potenza in questa regione (E. Meyer, G. d. A. V, p. 54). Gli Ateniesi d'altronde impegnati nella difficile spedizione di Sicilia, non erano ormai una potenza troppo pericolosa per la Macedonia, e si comprende come Perdicca non esitasse a tentare un riavvicinamento. La politica filateniese d'Archelao nei primi anni del suo regno, e l'ingerenza di lui nelle cose di Tessaglia sono la riprova più eloquente di questa nostra ipotesi.

Archelao figlio bastardo di Perdicca, e designato da lui come tutore del minorenne figlio legittimo, s'impadronì del trono uccidendo prima lo zio Alceta e il figlio di lui, quindi lo stesso pupillo affidato alla sua tutela (Plat; *Gorg.* 1). Uno dei primi atti del suo regno fu certo l'affermazione della sua egemonia in Tessaglia, intorno alla realtà della quale abbiamo notizie determinate; intorno alla cronologia assolutamente nessuna; e siccome sulla questione cronologica la nostra interpretazione si allontana da quella generalmente seguita dai critici moderni, crediamo opportuno discutere subito questo punto. Abbiamo prima di tutto un cenno di Trasimaco (Clem. Alex. *Stromat.* II, 2, 17) « serviremo ad Archelao, noi Greci, a lui barbaro »; ma per la divulsione dall'originaria compagine non può fornirci alcuna indicazione cronologica. Ci resta ancora un'orazione, attribuita ad Erode Attico e intitolata περὶ πολιτείας, nella quale si propugna un'alleanza delle città della Tessaglia con Sparta (1); ma anche in essa nessun riferimento a un fatto determinato, che valga come *terminus ante quem* o *a quo*. Primo a segnalare la importanza di questa orazione come fonte storica, prescindendo dall'osservazioni del Haas (*De Herodis Attici Oratione* περὶ πολιτείας), fu Ulrico Köhler (*Sitzungsberichte d. k. Berliner Akademie,* 1893), il quale sostenne che il contenuto di quest'esercitazione epidittica poteva derivare da qualche scritto contemporaneo agli avvenimenti, p. e. qualche orazione di Trasimaco o la costituzione dei Larissei di Crizia. Il Beloch (gg. II, 129-130) seguito dall'autore del presente scritto (*Studi Italiani di Filologia Classica* VII, p. 137-147) e da E. Meyer (G. d. A. V, p. 56), ha ritenuto che l'oratore fosse un contemporaneo degli avvenimenti e che nessun sofista del secondo secolo dopo Cristo avrebbe potuto parlare con tanta sicura conoscenza delle condizioni della Tessaglia sulla fine del quinto secolo. Non interromperò il corso dell'esposizione pigliando in esame gli argomenti in favore della paternità d'Erode

(1) Il Christh anche nell'ultima edizione della sua *Griechiexche Litt.-Gesch.* ripete che l'oratore è un tebano. A questo proposito non ho nulla da aggiungere a quanto ho detto negli *Studi Italiani di Filologia Classica*, vol. VII, p. 143, n. 1).

Digitized by Google

Attico, prodotti da W. Schmidt *(Rhein Mus.* LIX, 4, pp. 512-524), essendo per il nostro soggetto una questione del tutto secondaria quando si conviene che l'importanza storica dell'orazione è indiscutibile (1): solo, non trovandomi d'accordo colla maggior parte dei critici moderni sulla cronologia degli avvenimenti, ai quali in quest'orazione ci si riferisce, riporterò ampliando e completando le argomentazioni già svolte altrove per alzare la data dei fatti ai quali allude l'autore del discorso. I critici moderni sono unanimi nell'assegnare a questa serie di fatti, coi quali sarebbe complicato l'intervento di Archelao, al periodo connesso colla sommossa dei penesti e seguiti immediatamente alla battaglia d'Egospotami; e tra gli altri il Beloch fa questa ricostruzione (ibid.). Avendo Licofrone e Prometeo sconfitto Medio di Larissa, Aristippo, uno degli Alevadi, si rivolse contro Medio, e trovò appoggio a Farsalo. Allora Medio si rifugiò presso Archelao, il quale entrò in Tessaglia occupando militarmente alcune località; ma poscia, essendo ucciso in una caccia da Ellanocrate di Larissa, congiurato con Crateo, vennero frustrati i piani d'una conquista nella Tessaglia.

La situazione che emerge dall'orazione in discorso si adatta poco o nulla alle circostanze che accompagnarono il movimento dei penesti, e furono sincroni alla catastrofe della potenza ateniese. In primo luogo i Peloponnesî invocano, secondo l'oratore, un'alleanza: contro chi? È evidente che contro Archelao di Macedonia, e su ciò non v'è nulla a ridire. Ma la guerra contro Archelao sarebbe tutt'al più un episodio, attesochè il significato vero dell'alleanza si ricava da queste parole abbastanza chiare dell'oratore (§ 4) Ἀρχέλαος γὰρ οὐκ ἐπὶ Πελοποννησίους ἦλθε μεθ'Ἀθηναίων..... ἐπειδὴ τοίνυν τοῖς Πελοποννησίοις ἱκανὴ πρόφασις ἐστὶ πολεμίους νομίζειν τοὺς μὴ (συμ) πολεμήσαντας αὐτοῖς, εὐλαβηθῶμεν ὅπως μὴ διὰ τὴν αὐτὴν πρόφασιν ἡμῖν πολεμήσωσιν, εἰ παρακαλούμενοι, μὴ βουλησόμεθα συμπολεμεῖν μετὰ Πελοποννησίων. E più sotto: ἔτι δὲ πῶς οὐ δεινόν, εἰ μόνοι τῶν Ἑλλήνων εἰς τὴν Ἑλληνίδα συμμαχίαν οὐ συναριθμησόμεθα. Ora, chi ritiene che una guerra bandita da Sparta in nome della grecità possa essere concepita dall'oratore come organizzata solo contro il re di Macedonia, non potrebbe in alcun modo riconoscere all'orazione il valore d'un documento contemporaneo: ma secondo l'oratore l'alleanza ha soprattutto di mira Atene, e Archelao è anche lui fatto segno all'ostilità di Sparta perchè alleato degli Ateniesi. Ma quale rivalità poteva ormai esservi

(1) Cfr. il principio dell'articolo dello Schmidt, e i richiami agli autori che dell'orazione si sono occupati.

Digitized by Google

tra Sparta e Atene dopo Egospotami? Atene ora costretta ad una forzata alleanza con Sparta, come si ricava da questo passo molto perspicuo di Aristotele (A. II. 39, 2) secondo il quale agli Eleusini era fatto obbligo di συντελεῖν..... ἀπὸ τῶν προσιόντων εἰς τὸ συμμαχικὸν, καθάπερ τοὺς ἄλλους Ἀθηναίους, e bene illustrato da un luogo di Senofonte (*Hell.* III, I, 4), che attesta aver gli Spartani richiesto agli Ateniesi, al tempo della spedizione di Tibrone, trecento cavalieri. È inutile d'altra parte ripetere che il luogo di Tucidide VIII, 2 si presta opportunamente a rischiarare l'allusione dell'oratore (cfr. *Stud. Ital.* ecc. pag. 151). Inoltre questi notando che nelle città della Grecia sotto l'egemonia spartana non si può parlare di oligarchie troppo rigide e tiranniche esce in questa interrogazione: « dove è una città piccola in cui la terza parte non prende parte agli affari dello stato? ». Già avevo osservato (ibid.) che queste parole mal si conciliano con l'istituzione degli armosti e delle decarchie, che non sembra essersi limitata alle città del dominio ateniese (Xenoph. Hell. II, 2, 5; 3, 7), ma anche ad altre dell'antica simmarchia (Id. III, 5, 12). E. Meyer (O. c. V. p. 12) attribuisce questo travisamento all'esagerazione bene spiegabile data la tendenza del discorso; ed io non intendo negare la possibilità che l'oratore abbia scaltramente presentate le cose sotto una luce falsa. Ma quante difficoltà offra questa spiegazione, mal conciliabile con le seguenti parole dell'oratore: « Quivi (presso gli Elei, i Tegeati, e gli altri Arcadi) nessuno ha ancora trovato un ἄρχοντα spartano » lo stesso E. Meyer si rende conto, osservando con troppa sottigliezza che l'armosta non era un ἄρχων, ma solo un ausiliare del legittimo reggimento. La mancanza d'ogni forza persuasiva in questo argomento non occorre rilevare, specialmente dopo quanto abbiamo discusso sulle condizioni presupposte dell'oratore circa la potenza di Atene.

Ma vi sono altre gravi ragioni contro l'opinione quasi universalmente accettata. Nel 399/8 gli Spartani mandano Erippida a sedare un tumulto scoppiato in Eraclea dl Trachinia: avendo gli Etei fatto causa comune con essi, molti perseguitati dal duce spartano si ricoverarono in Tessaglia. In questo torno di tempo adunque in eui cade l'ultimo periodo dell'attività di Archelao di Macedonia, la Tessaglia non si trovava in buona relazione con Sparta. E nemmeno nel periodo immediatamente successo alla sollevazione dei penesti, si può parlare d'una alleanza coi governi aristocratici della Tessaglia, i quali sembrano avere contro Archelao sollecitata l'alleanza spartana. Sparta infatti fu alleata di Licofrone, il quale sfruttò a suo vantaggio la sollevazione dei penesti; e questa circostanza rischiara molto la cooperazione di Crizia nella sommossa (Xenoph. II, 3, 36). L'alleanza di Sparta con Licofrone è una di quelle contradizioni politiche spiegabili col fatto che le

Digitized by Google

aristocrazie tessale cambiarono politica, riavvicinandosi ad Archelao, come cercheremo tra poco di dimostrare, poichè le condizioni interne del regno di Macedonia non gli permettevano più di pensare alla conquista della Tessaglia. Quest' ipotesi è confermata dalla testimonianza d' Aristotele *(Polit.* p. 1311 B) che Ellanocrate di Larissa cospirò con Crateo per l' uccisione di Archelao perchè non lo ricondusse in patria. Ora, se in questo periodo Archelao avesse avuto degli ostaggi (παῖδας), e in ogni città della Grecia un comandante di presidio, (ἄρχων), come avrebbe potuto essere ancora fuoruscito un Larisseo che godeva dei suoi favori? I motivi che assegna Aristotele al malcontento di Crateo che finì col regicidio, chiariscono ancor più le condizioni della Macedonia, e ci aiutano a comprendere le relazioni di Archelao con la Tessaglia. Crateo, secondo Aristotele, aspirava alle nozze d' una figlia d'Archelao; ma questi dovette venir meno alla parola per gravi ragioni di stato. Giova riprodurre integralmente il passo d'Aristotele (vedi sopra): « Sono avvenuti molti attentati per gli oltraggi recati da alcuni monarchi contro la persona di qualcuno, come quello di Crateo contro Archelao: poichè nelle sue relazioni si diportava sempre duramente, di guisa che fu buono il pretesto anche essendo di meno importanza che la mancanza di parola, per la quale non gli dette nessuna delle figlie in moglie, ma dette la prima al re dell'Elimea, essendo travagliato dalla guerra contro Sirra e Arrabeo, la più giovane dette al figlio Aminta (1), stimando che costui non la perdesse al paragone col figlio di Cleopatra. Aristotele dunque dice che la causa occasionale dell'uccisione di Archelao fu la sua durezza nei rapporti erotici; ma lascia intendere che la prima origine dell'animosità vada ricercata nella speranza di Crateo frustrata di avere in moglie una delle figlie di Archelao. Chi erano questi Sirra e Arrabeo? Un Arrabeo conosciamo da Tucidide come re dei Lincesti (IV, 79, 2; 124, 6): di personaggi denominati Sirra, non compare altri che questi ricordato da Aristotele. Si ritiene generalmente che sia proprio costui il re dell' Elimea di guisa che colle parole τῷ βασιλεῖ τῆς Ἐλιμείας Aristotele altro non avrebbe fatto che una perifrasi. La perifrasi sarebbe stilisticamente alquanto infelice, ma non assurda. In ogni modo, lasciando sospesa la questione, esaminiamo quale sarebbe stata la posizione della Macedonia coll' una

---

(1) Quanto al falso supplemento del Sauppe Ἀρριδαίου dopo υἱῷ cfr. Dittenberger I² 77. Il contesto del discorso reclama che si veda nell'Aminta quì nominato un figlio di Archelao, perchè non si capirebbe l'espressione « facendone lo stesso conto che quello nato da Cleopatra », se non fossero stati ambedue figli suoi. Il figlio natogli da Cleopatra, che era stata già moglie di Perdicca (Plat. *Gorg.* p. 481 C), nonostante le proteste dell'Abel (p. 197) era proprio Oreste, la cui tutela era affidata ad Aeropo.

Digitized by Google

o coll'altra esegesi del luogo aristotelico. O Sirra è identico al re dell' Elimea, e allora bisogna ammettere che Archelao applicasse il principio del *divide et impera,* staccando l'alleato da Arrabeo colla promessa di dargli in moglie la figlia; o non è identico e va ritenuto come il principotto d' un altro staterello o correggente di Arrabeo, e allora bisogna ammettere che sposando la figlia al re dell' Enimea lo rendesse più zelante seguace della sua causa, e col suo aiuto potesse sopraffare gli infedeli alleati (1). Ma in qualunque di questi due casi è certo che la Macedonia si trovava internamente indebolita, e il suo re aveva abbastanza da fare col risarcire le organiche lacerazioni del suo impero: sicchè un intervento in Tessaglia non poteva più pensare.

Ma se la situazione rappresentata dall'autore del discorso, che va sotto il nome di Erode, non si adatta per nulla agli ultimi sei o sette anni del regno di Archelao, corrisponde perfettamente al primo periodo. Archelao, proseguendo nella politica segnatagli dal padre nell' ultimo anno del suo regno, procede subito a una riforma dell' esercito ed occupa militarmente molte località della Tessaglia. Le aristocrazie tessaliche, impensierite di quest'attitudine prepotente e minacciosa, deliberano di unirsi in lega con Sparta, cogliendo l' occasione degli imbarazzi in cui Archelao si trovava per la ribellione di Pidna, ad espugnare la quale si valse dell'aiuto di Teramene (Diod. XIII, 49). Ma il disastro di Cizico, in seguito al quale gli Spartani furono costretti a chiedere pace, dissuase dall' invio dell' ambasciata per stipulare il trattato di alleanza. Archelao continuò per qualche anno a spadroneggiare in Tessaglia ma, cominciando ad effettuarsi gli sconvolgimenti di cui abbiamo parlato, tolse tutti i presidi dalle città tessale. Rimosso il timore d' un assoggettamento da parte d'Archelao, e non essendo oscure l' intenzioni di Sparta che si serviva come avamposto di Eraclea di Trachinia, le città della Tessaglia cominciarono a stringere di nuovo amicizia con Archelao. Poscia si riaccese vieppiù la rivalità tra le varie città e le varie fazioni, che si risolvette in guerre civili complicate colla sollevazione dei penesti, la cui elevazione fu il segnacolo in vessillo di Licofrone, signore di Fere, il quale diede così un notevole impulso alla potenza della sua patria.

---

(1) Se il seguente passo corrotto di Strabone τούτου ('Αρραβαίου) δ' ἦν θυγατριδῆ ἡ Φιλίππου μήτηρ, 'Αμύντου τοῦ Εὐρυδίκης, "Ιρρα δὲ θυγάτηρ va restituito, come propone l'Abel e il Meineke accetta, così τούτου δ' ἦν θυγατριδῆ ἡ Φιλίππου μήτηρ τοῦ 'Αμύντου Εὐρυδίκη, Σίρρα δὲ θυγάτηρ, Sirra si dovrebbe ritenere un figlio di Arrabeo; e la seconda ipotesi del dilemma si raccomanderebbe maggiormente.

Digitized by Google

IX. — La Tessaglia al tempo dell'incremento di Fere.

Or siamo giunti al periodo nel quale comincia in Tessaglia ad affermarsi una potenza che per l'innanzi ha avuto una parte molto oscura e secondaria. Abbiamo già visto che nel catalogo delle navi (B. 711-712) Eumelo figlio di Admeto, regnava su Fere, Bebe e Glafira. Nell'Alcesti euripidea al dominio di Fere è assegnata una estensione fino ai monti dell' Epiro: ma, anche dalle scarse notizie storiche a noi pervenute, possiamo ricavare legittimi dubbi che Euripide riproducesse le condizioni della Tessaglia del 438 a. C. Il poeta con tutta probabilità intreccia al mito che forma come il fondo della tragedia di Alcesti, le impressioni suscitategli dalla nuova monarchia tessalica che sorgeva in Farsalo con Daoco I *(Riv. di Storia antica* VII, 1, p. 63-65). La vera funzione innovatrice di Fere nella storia del popolo tessalico comincia sulla fine del quinto secolo, e il primo accenno esplicito si trova in un luogo interpolato di Senofonte *(Hellenic.* II. 3, 4), in cui è detto che al tempo di un' eclissi — che si pone nell' agosto del 404 — Licofrone di Fere volendo rendersi padrone di tutta la Tessaglia, riportò vittoria di quelli che gli si opponevano, tra i quali i Larissei. Siccome qualche anno prima era avvenuta la ribellione dei penesti sotto gli auspici di Prometeo (anno 406 cfr. Xenoph. (*Hell.* II, 3, 36), per ragioni cronologiche si presentava spontanea la connessione fra i due avvenimenti, sicchè oltre a Prometeo si metteva Licofrone a capo del movimento rivoluzionario, (Beloch G. G. II, p. 129 sq.; E. Meyer V, p. 54 sq.); e una certa connessione certamente esiste. È senza dubbio merito del Pahle *(zur geschichte der pheräischen tyrannis* in *Jahrbûcher für classische philologie* 126 Jahrgang 1866 p. 530-536) l'aver lumeggiato questo punto contro le congetture troppo ardite delle Plass *(Die Tyrannis bei der alten Griechen* II, p. 46 sq), il quale fa risalire l'inizio di questo movimento fino alla cacciata degli Echecratidi. Giustamente osserva il Pahle (p. 530) che nel 431 domina sempre l'aristocrazia, essendo venuti in soccorso ad Atene gli ἱππεῖς delle varie città tessale, κατὰ τὸ παλαιὸν ξυμμαχικόν e accetta l'ipotesi del Rospatt, *(Museum des rheinisch-westfälischen Schülmannvereins,* 1848, p. 77, 39) il quale scorse in questo colpo di stato un dissidio nella stessa nobiltà per emanciparsi dagli Alevadi. Il Rospatt erra certamente in ciò che riteneva gli Echecratidi Alevadi, in base al cenno negligente ed erroneo di Pausania (X, 16, 8): tuttavia è sempre vero che si trattava di discordie intestine, purchè a queste si riconosca carattere più geografico che gentilizio, come abbiamo avuto occasione di accennare. Le induzioni del Pahle non sono però sempre suffragate dalle fonti, quantunque parte di esse vengano accolte

Digitized by Google

senza sospetto dai critici moderni come quelle riguardanti un' azione addirittura combinata tra Prometeo e Licofrone. Egli va anche più il là: in base a un aneddoto riferito da Plutarco al tessalo Prometeo (*Moral.* p. 89 C), da Cicerone (*De Nat. Deor.* III, 70) e da Valerio Massimo (I, 8 ext. G.) al fereo Giasone, accetta senza peritanze l' identificazione dei due personaggi già sospettata dal Wyttenbach. Su quest' ultimo punto non ci tratterremo troppo, essendo a tutti noto, come l'applicazione di questi aneddoti a varie persone sia un fenomeno troppo comune, ed essendosi già levate proteste contro quest' ipotesi gretta e avventata nello stesso tempo. Ma anche questa azione simultanea di Prometeo e Licofrone è tutt' altro che certa. Senofonte (*Hell.* II, 3, 36), quando nel discorso di Teramene ricorda la cooperazione di Crizia a questo movimento, non fa alcuna menzione di Licofrone: eppure essa si sarebbe presentata spontanea qualunque posizione avesse allora Licofrone. O era un principe di Fere, e allora l' opera sua avrebbe dovuto essere più energica ed efficace che quella d' un agitatore qualunque; o fu sollevato al principato in seguito alla rivoluzione, e allora l'ammirazione o anche solo la considerazione del successo avrebbe oscurata l'opera di Prometeo. Secondo me vanno distinti due momenti in questo ciclo della storia tessalica: l'uno della rivoluzione di Prometeo, l' altro della raccolta dei frutti di questa insurrezione, fatta da Licofrone come Napoleone mietè la messe cresciuta nel terreno dissodato dalla rivoluzione francese. Prometeo era probabilmente fereo, ma non si può dimostrare con sicurezza che lo fosse, o almeno non è necessario presumerlo per intendere a dovere gli avvenimenti. Nemmeno siamo in grado di stabilire quanto durasse la sollevazione dei penesti. Il 406, in cui è ricordato l' intervento di Crizia, non può essere un *terminus a quo;* poichè l' imperfetto ὥπλιζε non può necessariamente far pensare a una preparazione che sarebbe scoppiata poi. Non può cader dubbio che Crizia siasi recato in Tessaglia quando l' incendio già divampava e quando già la piega degli avvenimenti permetteva sperare in un fausto esito della sommossa. La ribellione degli iloti contro gli Spartani durò 10 anni: qual meraviglia se quella dei penesti siasi prolungata oltre un biennio? Coi penesti fecero causa comune certamente gli strati inferiori della nobiltà e quella massa di popolo di cui sarebbe potuta costare un ceto medio, una vera e propria borghesia. Licofrone portato su dal loro favore si fece tiranno di Fere e tentò la conquista di tutta la Tessaglia.

I critici moderni sono d' accordo nel ritenere Medio il sovrano di Larissa che sarebbe stato sconfitto da Licofrone nel 404, secondo la testimonianza del luogo senofonteo già citato in cui si parla solo di Larissei, ma di nessun principe o

Digitized by Google

capo d'esercito (*Hell.* II, 3, 4). A questa sconfitta contrariamente al Pahle (o. c. p. 535) riferiscono l'aneddoto dei corvi corsi sul campo di Larissa chiamati dal fiuto dei cadaveri, che è ricordato da Aristotele (*Histor. Anim.* IX, 31; Plin. *N. H.* X, 33). L'induzione può essere giusta, quantunque falsa, come abbiamo rilevato sia la connessione di essa coll'intervento di Archelao. Noi infatti troviamo più tardi (anno 404) Aristippo fuggiasco da Sparta (Xenoph. *Anab.* I, 1, 10 πιεζόμενος ὑπὸ τῶν οἴκοι ἀντιστασιωτῶν) e Medio (anno 395 Diod. XIV, 82. 4), signore di Larissa che guerreggia con Licofrone, il quale aveva buoni rapporti con gli Spartani. Ora, se nel 395 domina in Larissa un nemico di Licofrone, è evidente che gli effetti della vittoria di quest'ultimo nel 404 non furono duraturi. Per noi è del tutto indifferente se nel 404 fosse principe Medio, attesochè sarebbe sempre indubitabile che Medio nel 395 avrebbe rappresentato il partito contrario all'usurpazione ferea ma, fino a prova contraria ci sembra il citato passo di Aristotele non possa riferirsi ad altra battaglia che a quella ricordata nel luogo senofonteo. Pertanto questa ricostruzione presenta tutti i caratteri della plausibilità: Aristippo, lontano dal potere, seconda anche lui il movimento rivoluzionario, alleandosi con Licofrone che sconfigge Medio; ma questi ricupera il potere, e Aristippo è costretto ad andare in esilio. Di questo personaggio non sappiamo più nulla; ma all'incontro è noto che Licofrone ripigliò i suoi disegni di conquista, poichè nel 395 combattè di nuovo contro Medio di Larissa (Diod. XIV, 82, 4), e questi cerca aiuto al synedrion di Corinto, cioè il consesso federale per la guerra contro Sparta. In questo periodo Farsalo appare tenuta da un presidio spartano (Diod. ibid.): non c'è dubbio che gli Spartani poterono tenere occupato Farsalo per l'appoggio d'una fazione: quando l'occupassero, non è direttamente accertato, ma con tutta probabilità ciò avvenne immediatamente prima del 399/8, nel quale anno la rivoluzione scoppiata a Eraclea di Trachinia (Diod. XIV, 38) fu repressa da Erippida, o in quest'anno stesso. Molto prima è improbabile, perchè il fatto stesso che Aristippo nel 401 era profugo dalla sua patria, mostra che in Tessaglia Sparta non aveva ancora fondata la sua potenza. In questo periodo cade con tutta probabilità lo stabilimento del primato di Sparta sui Focesi, sugli Eniani, sui Melii (Xenoph. III, 5, 6), ed è rinforzata la egemonia spartana sulla Acaia Ftiotide (IV, 3, 9).

Ricordando che insieme con Aristippo militava tra i mercenari di Ciro Menone farsalio, l'analogia delle condizioni suggerisce l'ipotesi che Menone fosse anche lui fuoruscito per i turbamenti intestini, ma che prima del 395 fosse rientrato lui, o, se morto, avesse trionfato il suo partito, e quindi Farsalo fosse avvinta al carro di Licofrone e alleata di Sparta. Il tentativo di Licofrone non

Digitized by Google

fu coronato dal successo riservato più tardi al concittadino e forse parente Giasone. Medio, coll' aiuto di 2000 opliti mandatigli dal sinedrio di Corinto espugna Farsalo, e nel 394 la Tessaglia è tutta riunita in un fascio — forse eccettuata Fere — ai danni di Sparta, avendo i Larissei Crannoni, Scotussei, Farsali, e gli altri Tessali sotto il comando di Policarmo farsalio molestato il ritorno di Agesilao nell'agosto del 394 (Xenoph. *Hell.* IV, 3, 3). Il fatto che a capo dell'esercito contro Sparta si trovava proprio un farsalio, mostra che la fazione dominante a Farsalo al tempo dell' alleanza con Sparta (395 e prima) non costituiva la maggioranza della popolazione, e forse il presidio Spartano (Diod. XIV, 82) aveva la missione di impedire diserzioni.

Sorge ora spontanea una domanda: qual parte ha rappresentato Sisifo che nell' ex-voto delfico, è chiamato figlio di Daoco? nell' iscrizione che lo riguarda, in tal modo si parla di lui: « Fin da quando indossasti le armi, non fuggisti i nemici, nè ricevesti alcun colpo ». Noi non vorremmo cercare la conferma di queste glorificazioni nella tradizione letteraria, che di una parte avuta da lui nei rivolgimenti politici a noi conosciuti, non mostra neppure di accorgersi. Come rileviamo da un' iscrizione di Anafe, Daoco II, il fautore di Filippo (1), presentato come prosseno degli Anafei, è detto figlio di Sisifo completando così la testimonianza dell'ex-voto delfico, in cui alla paternità di Daoco non si accenna. Se Daoco era nel 344 uomo già maturo, la sua nascita difficilmente si può portare al 380: quindi Sisifo ancora viveva intorno a questo periodo. Ma bisogna ricordare che nel 394 a capo dell' esercito tessalico si trovava proprio un Farsalio, ma non lui; bensì un certo Policarmo, di cui ci è ignota l' origine. Nel 374 quando Giasone voleva estendere a Farsalo il suo impero, il dominatore effettivo era Polidamante: nel 361 a capo della federazione tessalica troviamo un Agelao, che l'Homolle (B. C. H. XXI, p. 596), fondandosi sull' omonimia del fratello di Agia, sospetta che appartenesse alla famiglia degli Aparidi. Per il dominio di Sisifo adunque difficilmente si trova un posto nel quarto secolo. Un frammento di Teopompo (apd. Athen p. 252 C) potrebbe gettare qualche luce sulla questione: « Teopompo nel nono libro dei suoi Hellenika dice che Ateneo di Eretria fu servo e adulatore di Si-

---

(1) I. G. Ins. M. Aeg. III, 251 = Michel Recueil ecc. 1281 = C. I. G. 2477 C.

Δάοχος Σισύφου Θεσσαλός
ἐκ Φαρσάλου πρόξενος Ἀναφαίων,

Sulla legittimità della lezione Σισύφου non può esservi dubbio. I caratteri dell' iscrizione sembrano proprio del quarto secolo, e d'altra parte difficilmente si potrebbe pensare a un Daoco III, figlio di Sisifo II. Che Sisifo continuasse a vivere lontano delle pubbliche faccende, non fa meraviglia.

Digitized by Google

sifo Farsalio ». L' Homolle (B. G. H. XXI, p. 596) osserva in proposito; « Sisyphe de Pharsalie, qui avait pour domestique et flatteur Athenaios d'Eretrie, d'après le temoignage d'Athénée, est ou le père de Daochos II ou son fils: malhereusement A. n'a pas empruntè à l' histoire autre détail ». Però il fatto che di Sisifo Farsalio si parla nell' Elleniche di Teopompo che terminavano coll' anno 395 / 4 rende più probabile che si alluda al primo anzichè al secondo Sisifo (1). Pertanto Sisifo con tutta probabilità succedè al padre Daoco I nel dominio di Farsalo: ma si trovò in tempi agitati e procellosi, sicchè non solo non riuscì a dominare su tutta la Tessaglia; ma non potè neanche fondare stabilmente il potere nella sua città. Egli si trovò forse a contendere con Menone; e quando gli Spartani occuparono Farsalo nel 399 / 8, egli perdette — non per la prima volta, ma quasi certamente l' ultima — il dominio nella sua patria. Così il periodo del dominio di Sisifo va con tutta probabilità circoscritto negli ultimi 15 anni del quinto secolo, senza essersi segnalato per nessuno avvenimento memorabile.

Tornando ora alle condizioni generali della Tessaglia, notiamo che il fallimento del piano di politica conquistatrice, concepito da Licofrone, liberò le città tessale dall' incubo della soggezione a un autocrate, che doveva naturalmente incutere tanto terrore alle aristocrazie. Pericoli esterni pel momento non vi erano, giacchè ad una conquista della Tessaglia non poteva pensare alcuna delle potenze belligeranti nella guerra di Corinto, nè la Macedonia, in cui turbamenti interni avevano arrestata l' opera di Archelao. Al principio della guerra di Corinto i Tessali erano alleati dei Tebani; ma è molto dubbio che abbiano preso una parte molto attiva; e infatti, oltre all' opposizione fatta all' esercito condotto da Agesilao, null' altro si conosce della loro azione in difesa degli alleati. Col re di Macedonia Aeropo ed Aminta conservarono relazioni amichevoli, e pel primo ciò si ricava indirettamente dall' ostilità dimostrata tanto dal re di Macedonia (Xenoph. *Hall.* IV, 3, 3 (Polyaen II, 1, 17) quanto dai Tessali ad Agesilao nel suo ritorno dall'Asia: per il secondo abbiamo la testimonianza esplicita, che quando Aminta ebbe una volta perduto il trono, vi fu ricondotto coll' aiuto dei cavalieri tessali. Per bene intendere questo punto in cui la storia della Tessaglia si complica con quella della Macedonia è necessario fermarsi alquanto intorno al periodo immediatamente posteriore ad Archelao.

---

(1) Quest'argomento va tuttavia invocato con molta circospezione. Teopompo infatti nel terzo libro delle Elleniche (Athen. p. 676 D) accenna alla spedizione di Agesilao in Egitto nel 362 che non poteva trovar posto nell'esposizione sistematica.

Digitized by Google

X. — La Tessaglia dalla guerra di Corinto sino ad Alessandro di Fere.

Archelao aveva dato in moglie, come abbiamo visto, la primogenita al suo figlio naturale Aminta, stimando che questi non la perdesse al paragone del figlio di Cleopatra (Arist. *Polit.* 1311 B): onde, come è lecito ricavare dalla testimonianza di Aristotele, lo designava per la successione al trono di Macedonia a danno del suo figlio legittimo. Ma queste nozze non valsero ad assicurare il regno al rampollo favorito di Archelao, il minorenne Oreste, che fu posto sotto la tutela di Aeropo, del quale non si può assegnare il grado di parentela con la casa regnante (1). Dopo qualche anno di epitropia Aeropo tolse di mezzo il suo pupillo, come Archelao aveva soppresso il figlio di Perdicca, e si fece proclamare re di Macedonia, su cui dominò fino all' estate del 398, quando ritornò Agesilao dall'Asia (Xenoph. *Hell.* IV, 3, 3; Polyaen. II, 1, 17). Aminta regnò forse per qualche mese, ma cadde vittima di Derda (2), che congiurò con Pausania. Pausania occupò il regno che tenne per uno spazio minore d'un anno, essendo stato privato del regno e della vita da Aminta, figlio di Arrideo. Ma un altro competitore raccolse i frutti di questi conflitti. Appena Aminta si fu insediato sul trono, ne fu sbalzato da Argeo che riuscì a tenerlo per due anni. Allora Aminta si rivolse alle aristocrazie tessaliche, e col loro aiuto potè ricuperare il trono contrastatogli. Quando si debba porre questo intervento dei Tessali, non risulta categoricamente nelle nostre fonti: ma è solo permesso per via di combinazione di arrivare a una conclusione probabile. Poichè non è dato assegnare l'epoca di questa alleanza dei Tessali col detronizzato Aminta senza toccare le vicende del fortunoso regno di questo principe, ci si permetterà di trattare, sia pur brevemente, questo periodo di storia macedonica che vale a rischiarare la questione cronologica riguardante l' aiuto tessalico recato ad Aminta. Secondo Diodoro Aminta sarebbe stato cacciato dagli Illiri due volte, una (XIV, 92) sotto l' arcontato di Demostato (393 / 2), e sarebbe stato ricondotto dai cavalieri

---

(1) La nazionalità lincesta di Aeropo è un' ipotesi dell' Abel campata in aria. Secondo Diodoro regnò 6 anni che non si debbono considerare con rigore astronomico. cfr. una mia nota in *Klio, Beiträge zur alten Geschichte*, che uscirà nel 2° fascicolo del volume VI.

(2) Se questo è l'Aminta il piccolo cui allude Aristotele (*Polit.* p. 1311 B) come è probabile, Derda, che non va confuso col re dell' Elimea, cospirò con Pausania. Aristotele ci presenta il regicidio come effetto di un risentimento privato; ma l'occupazione del trono da parte del figlio di Aeropo mostra che al delitto non era estraneo il desiderio di una rivendicazione.

Digitized by Google

tessali: l'altra sotto l'arcontato di Fanostrato (383/2), Il metodo arruffato e spesso insensato di Diodoro farebbe subito pensare a una dittografia, ma contro questa presunzione si eleva una difficoltà che non è permesso di trascurare. Diodoro, dopo aver parlato della prima cacciata d'Aminta per opera degli Illiri nell'anno 393/392, e aver rilevato che dopo un breve lasso di tempo (μετ' ὀλίγον δὲ χρόνον) fu ricondotto dai cavalieri tessali, aggiunge: « alcuni dicono che dopo la cacciata di Aminta Argeo regnò sui Macedoni due anni, e quindi Aminta ricuperò il regno ». È indubitato che l'espressione μετ' ὀλίγον δὲ χρόνον è troppo indeterminata perchè in base ad essa sia lecito asserire l'inconciliabilità col periodo biennale in cui avrebbe regnato Argeo. Ma a noi soccorre la testimonianza d'un contemporaneo, che si presta a un acconcio commento pel μετ' ὀλίγον δὲ χρόνον di Diodoro. Isocrate *(Archid.* VI, 46) attesta che Aminta, cacciato dagli Illiri « avendo occupato una piccola località e di qui fatto venire un aiuto dentro il termine di tre mesi, assoggettò tutta la Macedonia, e avendo regnato per tutto il tempo rimanente, morì di vecchiaia ». Lo Swoboda *(Arch.-epig.-Mitth.* VII, p. 35) vede nei tre mesi di Isocrate un'esagerazione dovuta al colorito rettorico; ma di questo suo convincimento non adduce alcuna prova, e sarebbe difficile addurre, poichè l'effetto retorico l'avrebbe un oratore raggiunto meglio con una locuzione elastica e indeterminata. Se Argeo regnò sulla Macedonia effettivamente due anni, è necessario supporre che la cacciata cui allude Diodoro nel XIV 92 non possa essere identica a quella cui si riferisce Isocrate nel luogo citato, e che questi alluda allo stesso avvenimento, cui accenna Diodoro nel XV. 19, specialmente perchè Isocrate attesta esplicitamente che Aminta dopo aver ricuperato il trono perduto per la violenza dei barbari, continuò a regnare indisturbato fino alla morte. Diodoro ha dunque commessa una dittografia, in quanto fa cacciare Aminta due volte dagli Illiri, ma una dittografia consistente nell'assimilazione delle circostanze proprie del secondo episodio al primo, nel quale Aminta, non ancora ben sicuro sul trono soggiacque a una rivoluzione di cui profittò Argeo. Allora Aminta implorando l'aiuto dei cavalieri tessali, riuscì a cacciare l'usurpatore. Quest'azione tessalica in Macedonia andrebbe posta probabilmente, accettando la cronologia di Diodoro, nel 391, e nessun ostacolo troviamo per questa collocazione negli altri dati che abbiamo. La potenza di Licofrone era fiaccata fin dalla sua ultima infelice guerra con Medio di Larissa, come ricaviamo dal fatto che fin dal 394 sussiste una federazione tessalica: e quantunque l'esercito tessalico che molestava la marcia di Agesilao fosse disfatto (Xenoph. *Hell.* In, 3, 8), pur tuttavia la sconfitta difficilmente può aver avuto ripercussioni politiche, avendo Agesilao e gli Spartani abbastanza da fare

Digitized by Google

contro la lega di Corinto. I Tessali, riavutisi dall'insuccesso, poterono bene continuare nella loro politica che li portò a un'ingerenza nelle cose di Macedonia (1).

Dopo la pace d'Antalcida la Tessaglia ristabilì relazioni amichevoli con Sparta. Non sappiamo in verità se Eudamida (Xenoph. *Hell.* V, 2, 24, Diod. XIV, 19 sq.), il quale con 2000 soldati si recò subito contro Olinto passasse per la Tessaglia, come una volta Brasida, oppure si portasse nella Calcidica per mare (2); ma è utile rilevare come ci fu un arrolamento di cavalieri tessali nell'esercito di Agesipolide nel 381 (Xenoph. *Hell.* V, 3, 9). Questa linea di condotta si spiegherebbe abbastanza colla considerazione che tanto Sparta quanto i Tessali erano alleati e sostenitori di Aminta, ma è probabile che il riavvicinamento si fosse già effettuato da un pezzo. L'amicizia di Sparta con Licofrone era una di quelle tante contraddizioni politiche non rare nella complessità dei rapporti tra i vari stati, ma che cessano appena un orientamento più razionale ha l'opportunità di manifestarsi. Una nuova nube stava tuttavia per addensarsi sulle aristocrazie tessaliche, le quali erano indebolite per il confiitto delle passioni che non avevano mai cessato di imperversare. Noi abbiamo già rilevato come i successi di Licofrone non erano dovuti soltanto all'appoggio dei penesti, ma anche a una parte dell'aristocrazia malcontenta e invidiosa, e quindi alleata cogli elementi più umili della popolazione. A Larissa non si erano evitati movimenti sediziosi neanche dopo l'istituzione dei politophylakes (Arist. *Polit.* p. 1305 B) ed è verisimile che si ripetessero nella seconda metà del quarto secolo come in altre città della Tessaglia. A Farsalo si venne nella deliberazione d'affidare a Polidamante un'alta magistratura finanziaria (Xenoph. *Hell.* VI, 1, 2), equivalente forse all'autorità d'un μεσίδιος ἄρχων (Pahle o. c. p. 535, Arist. *Polit.* 1306 A). Queste che erano state circostanze molto favorevoli ai disegni, come con locuzione poco elegante si direbbe oggi, imperialistici di Licofrone, furono tali parimenti anche per Giasone, il quale sembra essere stato congiunto con Licofrone con vincoli di parentela. Avendo a quanto risulta sposata la figlia di Licofrone (Pahle o. c. p. 533), Giasone era giunto al potere verso il 380, stando come terminus ante quem l'anno 377, poco prima del quale (βραχὺ μὲν πρὸ τούτων τῶν χρόνων) Giasone aveva aiutato Neogene a stabilirsi come tiranno di Oreo. Intorno a questo periodo adunque — è incerto se egli succedesse imme-

(1) Più estesamente ho trattato questo punto in *Klio*, artic. cit. a p. 104, n. 1.

(2) Il linguaggio delle fonti citate farebbe pensare a una spedizione navale; ma si attendevano da parte di terra gli altri 10000 uomini destinati alla spedizione.

Digitized by Google

diatamente al suocero Licofrone (1) — intraprende la sua politica di conquista. Certo il dominio di Fere arrivava sino al mare ed in suo potere doveva essere il seno Pagaseo: sicchè niente vieterebbe supporre che la spedizione in Eubea abbia preceduto la conquista della Tessaglia, ma considerando che nel 374 (Xenoph. *Hell.* IV, 1, 5) (2) aveva già conquistato le più cospicue città della Tessaglia, non senza che trovasse serie opposizioni; considerando la renitenza dei Farsalî; che si era reso vassallo Alceta di Epiro (Xenoph. *Ibid.* § 7), e meditava di stendere il suo impero nella Macedonia (ibid, § 11), — è più verisimile che la sua politica unificatrice abbia avuto principio col suo dominio.

Ben poche figure sono tanto interessanti quanto Giasone di Fere. Mentre le aristocrazie tessaliche sciupavano la loro energia in conflitti determinati da meschine gelosie e rivalità, e negli altri paesi della Grecia si perpetuavano i dissidi che procuravano ai vinti di Salamina e di Platea splendide rivincite diplomatiche, Giasone concepisce il disegno ardito e geniale di fondare un impero panellenico, nel quale si sarebbero composte armonicamente tutte l'energie nazionali che si disperdevano e sciupavano in guerre fratricide. Egli non fu certo il primo a concepire l'istaurazione di una compagine esorbitante gli angusti termini della polis: un tentativo coronato da felice successo e che sarebbe stato più durevole, se gli ostacoli esterni fossero stati più agevolmente superabili, era stato già compiuto da Dionigi di Siracusa in Occidente. Ma questo riscontro non toglie nulla alla grandezza e origina-

---

(1) Può essere che, secondo l'opinione del Pahle (o. c. p, 533) nell' Εὐλαβής (ritenuto corrotto) di Conone apd. Phot. c. 186, p. 142, si celi Πολυάλκης, cui si riferisce Isocrate nell'epistola ai figl di Giasone (VI, 1 ἐγὼ δ' ἕνεκα μὲν τῆς Ἰάσονος καὶ Πολυαλκοῦς ξενίας ἡδέως ἂν ἀφικοίμην ὡς ὑμᾶς). Ma se Polialce avesse tenuta la tirannide di Fere tra Licofrone e Giasone, è difficile stabilire. Da Senofonte (VI, 4, 24), in cui Giasone chiama Licofrone padre, si argomenterebbe il contrario; poichè l'adozione presupporrebbe il disegno determinato da parte di Licofrone di designare Giasone come successore, e quindi Polialce sarebbe premorto a Licofrone. Ma non è nemmeno improbabile che Giasone, sposando la vedova di Polialce, figlia di Licofrone, si arrogasse la qualità d'erede dei diritti di lui. È certo che l'inazione di Licofrone per 15 anni è di spiegazione più difficile che la parentesi di un principato imbelle tra Licofrone e Giasone.

(2) Non posso consentire col Beloch (o. c. II, 252, nota) che Polidamante abbia cercato i soccorsi spartani nella primavera del 371 e nel precedente inverno (cfr. E. Meyer V, p. 398), ritenendo che la spedizione di Cleombroto nella Focide — (Xenoph. VI, 1, 1), approssimativamente sincrona a questa ambasciata, abbia avuto luogo non nel 374, ma nel 371 (Diod. XV, 51; Paus. IX, 13, 2). Ma Senofonte non può quivi avere commessa un'anticipazione. Questo è certo che dalle parole di Senofonte (VI, 4, 2) Κλεόμβροτον δ' ἔχοντα τὸν ἐν Φωκεῦσι στράτευμα καὶ ἐπερωτῶντα τὰ οἴκοι ἅλη, non si può argomentare che Cleombroto rimanesse per tre anni sempre nella Focide. — Il Beloch adduce il motivo (ibid.) che Giasone, una volta eletto tago di Tessaglia non poteve rimanere per tre anni inerte; ma effettivamente inerte non era, intendendo a consolidare la sua potenza in Tessaglia e a spiare il momento opportuno per l'intervento.

Digitized by Google

lità del disegno di Giasone; anzi gli fornisce una giustificazione nel senso che ne manifesta l'attuabilità e la praticità.

Gli storici dell'antichità preoccupati soltanto di esporre l'ordine esterno degli avvenimenti, non si sono troppo curati sempre di presentarci i lineamenti delle più spiccate personalità: onde i tratti principali della fisonomia morale di Giasone si ricavano dalle narrazioni del suo operato, specialmente da quelle del contemporaneo Senofonte. Tuttavia sappiamo che egli fu scolaro di Gorgia il quale non era soltanto un artefice della parola, ma un osservatore di fina esperienza in cose politiche: in ogni modo dagli insegnamenti del sofista trasse quel profitto che si confaceva alla sua indole e alla sua pratica di uomo di stato (1). Molto significante è un suo apoftegma riportato da Plutarco in due luoghi diversi, secondo il quale è necessario commettere ingiustizie in cose piccole per operare giustamente in cose grandi (*Moral.* p. 135 A = 810 A). Il moralista rappiccolisce la figura di Giasone quand'afferma che ripeteva questo detto ἐφ' οἷς ἐ°ιάζετο καὶ παρηνώχλει; ma si può esser certi che il sovrano di Fere si riferiva alla condotta politica tenuta colle altre città della Tessaglia.

Il punto più notevole nel programma di Giasone e che fa maggiore onore al suo intuito d'uomo di stato e all'esatta visione delle condizioni del suo tempo, era il programma di riunire in un fascio tutte le forze elleniche per portar guerra in casa all'impero persiano e distruggerlo. Che il concepimento di questo piano corrispondesse a un' aspirazione non del tutto indistinta della coscienza ellenica e potesse tradursi in atto, lo prova la spedizione di Agesilao in Asia effettuatasi poco più di un ventennio innanzi, e la dissoluzione dell' impero operatasi quarant' anni dopo con la spedizione d'Alessandro. In ogni modo che in Grecia nel suo disegno fosse veduta non già un' utopia, ma uno scopo tangibile e concepibile, sta ad attestarlo il linguaggio di Isocrate, il quale non parlava ex eventu, poichè morì prima della spedizione d' Alessandro, ma in base a un' esatta visione della realtà delle cose (2). Nel suo discorso parenetico a Filippo, così ci informa dell' impressione eccitata nel mondo ellenico dal piano di Giasone riguardo alla conquista dell'Oriente (V, 119): « Per molte considerazioni tu potresti comprendere che occorre operare

---

(1) Per Giasone scolaro di Gorgia cfr. Pausan. VI 17, 8. Che Gorgia fosse un uomo di fine accorgimento, basterebbe a dimostrarlo la missione affidatagli dai suoi compatriotti di patrocinare presso il popolo ateniese l'alleanza con Leontini nel 427.

(2) Anche il considerare Isocrate come un artefice della parola destituito d'ogni senso pratico è una moda contro cui giustamente ha reagito il Beloch (o. c. II, p. 522, n. 1).

Digitized by Google

in tal modo, specialmente per ciò che è toccato a Giasone: costui infatti, senza far nulla di ciò che hai fatto tu, conseguì altissima fama non per ciò che recò a compimento, ma per ciò che dichiarò di voler compiere: poichè diceva che sarebbe passato nel continente (asiatico) e avrebbe fatto guerra al gran re. Ora, dal momento che Giasone acquistò tanto prestigio soltanto col far di questa impresa un programma, quale riputazione stimi tu che conseguiresti, se effettivamente farai ciò, e soprattutto tenderai di abbattere dalle fondamenta quella monarchia? . . . (1) ». L'espressione toglie ogni dubbio che la gloria concepita da Giasone (ηὔξησεν αὐτόν) non fosse già postuma, ma goduta nel periodo della sua vita (μεγίστης δόξης ἔτυχεν).

Mette conto di esaminare da vicino tutto il programma di Giasone, e da questo esame emergerà che ad esso presiedeva un concetto organico. Senofonte nel discorso tenuto da Polidamante agli Spartani, ci ha conservato la testimonianza più preziosa per farci un concetto adeguato dell' opera che Giasone intendeva iniziare e dei mezzi per recarla a compimento. L'uso delle milizie mercenarie era

---

(1) Questo programma di una politica panellenica, che avrebbe dovuto avere come epilogo l'abbattimento dell' impero persiano, formulata in termini così chiari da Giasone di Fere, è la prova più convincente della veracità della tradizione, che l'attribuisce anche a Filippo (Diod. XVI, 89). Pertanto sono assolutamente da repudiarsi le conclusioni del Köhler (*Sitzungsberichte der Berlin. Akad.* 1892, p. 509-513), che vede in Alessandro Magno non già il continuatore dell'opera paterna, ma l' inauguratore di una politica grandiosa in perfetta antitesi con quella modesta e angusta di Filippo. Cfr. in proposito l'esauriente confutazione del Kärst (*Geschichte des hellenistischen Zeitalters* I, p. 203 sq.; p. 426-27). Nondimeno da ciò non consegue che Filippo avrebbe portato la guerra sin nel cuore dell' impero spingendosi non dico sino alla Battriana ed all' India, ma sino a Susa, a Persepoli e a Ecbatana. Una ricerca di questo genere la considero addirittura oziosa, e non sono disposto nemmeno ad ammettere senza peritanze l'autenticità della tradizione in quanto concerne la proposta di Dario ad Alessandro di lasciargli l' impero sino al primo Ali (Arr, II, 25, 2; Curt. IV, 11, 10; Diod. XVII, 54, 4; Plut. *Alex.* 29; Val. Max. VI, 4, ex 13) e il consiglio datogli da Parmenione di accettare questa base per l'accordo. Il Kärst (o. c. p. 289), mentre prima ha negato il carattere antitetico tra la politica di Filippo e quella d'Alessandro, riconosce nelle parole di Parmenione un'eco della politica prudente di Filippo, Dario anche dopo la disfatta d' Isso era così forte, come lo prova la superiorità numerica del suo esercito ad Arbela (anche repudiando le cifre grottescamente esagerate di Curzio IV, 9, 4; 12, 3; Arr. III, 8, 6; Plut. *Alex.* 31; Diod. XVII, 39), che poteva confidare nel disastro finale dell' esercito d' Alessandro: d'altra parte la leggenda che Dario offriva ad Alessandro in moglie la figliuola è con tutta probabilità coniata sull'esemplare del matrimonio d'Alessandro con Rossane. Con ciò non si vuole escludere che nel periodo di maggiore esaltazione da parte d'Alessandro, i Macedoni offesi nel loro amor proprio di vedersi equiparati ai barbari, rimpiangessero i tempi di Filippo, pensando che egli non avrebbe intrapresa una spedizione così avventurosa, e qualche cosa di vero può contenersi nella narrazione di Curzio circa i sentimenti dei soldati, quando descrive la marcia dall' Eufrate al Tigri (IV, 10. 3): « in unius hominis iactationem tot millium sanguinem impendi: fastidio esse patriam, abdicari Philippum patrem, caelum vanis cogitationibus petere ».

Digitized by Google

talmente invalso in Grecia, specialmente in Tessaglia (e l'autore dell'orazione περί πολιτείας § 3 ne deplora le proporzioni), che Giasone non poteva addirittura abolirlo: tuttavia pensò disciplinarlo in modo che la milizia mercenaria fosse cointeressata in certa guisa alla grandezza della sua patria non meno che la nazionale. Egli aveva ai suoi ordini 6000 mercenarii (Xenoph. *Hell.* VI, 1, 5); ma tutti scelti ad esercitati (ibid. § 6), espellendo quelli poco adatti per debolezza fisica e mancanza d'energia, premiando col doppio, col triplo e col quadruplo di mercede, nonchè con altri doni i buoni e i valenti, ed eccitando il loro amor proprio con ogni sorta di cure e di onori (ibid.). Ma egli intendeva istituire una milizia nazionale sulla base di una regolare coscrizione, quando avesse esteso il suo impero su tutta la Tessaglia indistintamente, e questa milizia avrebbe raggiunto le proporzioni di più che 10000 opliti e 6000 cavalieri (§ 8): sicchè le truppe mercenarie non avrebbero più costituito il nerbo dell'esercito. Inoltre egli intendeva fondare una forte potenza marittima. La Tessaglia si trovava perciò in condizioni fortunate, poichè estendendo alla Macedonia l'egemonia che aveva già estesa nell'Epiro (§ 7), avrebbe avuta abbondanza di materiale per costruire la flotta, mentre la classe dei penesti poteva fornir un abbondante equipaggio, più numeroso di quello della stessa Atene, che era ancora la prima potenza marittima. Un vantaggio sopra Atene Giasone vedeva giustamente nel fatto che mentre gli Ateniesi erano costretti a procurarsi al di fuori materiali e vettovaglie, la Tessaglia aveva tante risorse naturali, da permettersi anche l'esportazione di certi articoli (§ 11). Quando la potenza del suo impero, già per sè abbastanza forte, fosse stato fondato su tali basi, la conquista della Persia, la cui debolezza era stata sperimentata nella guerra civile tra Ciro minore e Artaserse e nella spedizione di Agesilao, sarebbe stata recata ad effetto con somma facilità, (§ 13). Secondo la rappresentazione che Senofonte ci dà del pensiero di Polidamante, sarebbe bastato il rapido intervento di Sparta per turbare i piani di Giasone, ma Sparta tutta intesa ad apparecchiare la flotta per continuare la guerra con Atene, si disinteressò delle faccende tessaliche, e Polidamante abbandonò Sparta non trovando a lodare nella condotta dei Lacedemoni che la loro sincerità (§ 17-18). Gli Spartani comprendevano che si sarebbero messi per una via piena di imbarazzi e difficoltà: prima di entrare in Tessaglia, avrebbero dovuto fare i conti con Tebe, di cui Giasone era alleato (§ 10), e con cui Sparta era in guerra. Il resultato fu che Polidamante e i Farsali riconobbero la soggezione

Digitized by Google

a Giasone; e questi immediatamente fu riconosciuto tago di tutta la Tessaglia (1).

Quando Giasone meditasse di portare la guerra in Asia a capo di tutte le forze della Grecia, non ci è apertamente attestato; ma è chiaro che poteva questo essere un programma effettuabile solo a lunga scadenza, o per lo meno subordinato alla sua piena maturità nella coscienza ellenica, in cui qualche repugnanza si doveva ancor superare. Vero è che presso Senofonte Giasone dice a Polidamante che gli sarebbe più facile assoggettarsi il re dei Persiani che la Grecia (*Hell*, VI, 1, 2); ma questa espressione non va interpretata nel senso che la conquista dell'impero persiano dovesse precedere quella della Grecia: che sarebbe un grave controsenso. Giasone non poteva pensare a cimentarsi in una guerra in Asia, quando la Tessaglia, sguernita di truppe, sarebbe stata facilmente esposta alle cupidigie di altri Stati, prescindendo ancora dalla considerazione che era prevedibile nella sua assenza il rifiorimento delle speranze di indipendenza nelle varie dinastie tessaliche. Giasone poteva dunque pensare ad una spedizione in Asia solo quando l'impero panellenico fosse già costituito su fondamenti solidi, e per toccare la meta suprema del suo programma politico era necessario aspettare la soluzione del conflitto tra la lega tebano-ateniese e Sparta. Egli era alleato con Tebe; ma quando dopo Leuttra i Tebani chiesero la sua cooperazione energica per schiacciare definitivamente i Lacedemoni (Xenoph. V, 4, 21-23), egli li sconsigliò, facendo considerare che un grave pericolo dei loro successi stava nel ridurre i Lacedemoni alla disperazione. Ma nello stesso tempo esortava i Lacedemoni a far pace, riservando a più propizia occasione la ripresa della guerra (id. par. 24). Secondo Senofonte egli avrebbe operato così « affinchè, costoro mantenendosi tra loro discordi, avessero gli uni e gli altri bisogno di lui », e può esser nel vero: ma questa azione di intermediario era certo subordinata all'alta finalità di preparare la desiderata confederazione panellenica contro la Persia. Se lo scopo suo fosse stato soltanto quello di afforzare la sua posizione senza nessun altro riguardo, avrebbe trovato la sua con-

(1) Quanto al tempo in cui Giasone sarebbe stato riconosciuto tago di tutta la Tessaglia, rimando a quanto ho detto a p. 107, n. 2. Il Beloch (l. c.) è logico in quanto abbassa la data dell'ambasciata di Polidamante (Vedi anche Tropea, *Riv. di Storia Antica* III, fasc. 2-3 p. 32/34): per me è assiomatico che le notizie di Diodoro in proposito (XV, 57, 60) non meritano nessuna fede. Egli concentra nell'ultimo anno della vita di Giasone tutta la sua storia anteriore, seguendo il suo sistema di inesperto raffazzonatore. Questo si dimostra chiaro al cenno seguente (§ 60) « Giasone, avendo presa l'egemonia, si rese padrone di alcuni tra i popoli confinanti. . . . » che certo sarebbe a suo posto in una narrazione delle vicende dei primi anni della sua attività.

Digitized by Google

venienza e il suo vantaggio nell' indebolimento delle città greche che a lui potevano dare ombra e creare ostacolo allo sviluppo della sua potenza. Vero è che egli mentre dimostrava propensione per gli Spartani espugnava e distruggeva Eraclea di Trachinia, già colonia spartana e che aveva mandato a Leuttra il suo contingente di truppe all'esercito lacedemonico (id. VI, 4, 27; Diod. XV, 57): ma che Giasone, già padrone di tutta la Tessaglia, potesse tollerare l' indipendenza o la pertinenza a un altro stato di questo avamposto, sarebbe inconcepibile: tutta la zona intorno al golfo Maliaco era oramai perduta per Sparta: e Giasone non poteva comperare la benevolenza di lei al prezzo così caro di privarsi di un baluardo tanto vantaggioso, quando egli voleva senza dubbio conquistare la Focide e la Locride (1).

Secondo la testimonianza di Diodoro (XV; 57). dopo aver compita la scorreria nella Focide ed avere effettuata l' espugnazione di Eraclea di Trachinia, si sarebbe portato nella Perrebia; e poco dopo (§ 60) avrebbe stretta alleanza con Aminta re di Macedonia. Tutti questi avvenimenti Diodoro raggruppa nell'ultimo anno della vita di Giasone (cfr. p. 111, n. 1), quello dell'arcontato di Aniceto. Che le cose si fossero seguite in quest'ordine, vi è forse ragione di sospettare, specialmente ove si ponga mente all'errore di Diodoro di concentrare in un solo anno tutte le gesta compiutesi in un lungo periodo. Senofonte (VI, 4, 28) dopo aver narrata l'espugnazione di Eraclea, dice che, ritornato in seguito a quest' impresa in Tessaglia, era notevolmente cresciuto in riputazione, per avere avuto legale riconoscimento della sua dignità di tago su tutta la Tessaglia (2), e per avere un esercito numeroso e agguerrito di mercenari: quindi riferisce che ingiunse a tutte le città di preparare solenni e sontuosi sacrifici per le prossime Pitie, e continua la narrazione senza fare nessun accenno alla spedizione di Perrebia e all' alleanza con Aminta. Quest'omissione non farebbe meraviglia in Senofonte, se col suo silenzio non cospirassero altre gravi ragioni. Che la conquista della Perrebia cadesse proprio nel-

---

(1) Che il disegno di Giasone fosse quello di annettere la Focide e la Locride, non si può dubitare e l'avrebbe attuato, se la vita gli si fosse ancora prolungata.

(2) Le parole di Senofonte « Poichè ritornò in Tessaglia, era già in altissima posizione per essere stato riconosciuto in forza della legge e per tenere intorno a sè molti mercenari fanti e cavalieri. . . . » non potrebbero essere in niun modo intese nel senso che proprio allora Giasone fosse stato riconosciuto tago della Tessaglia come pensa il Tropea (ibid p. 38). Senofonte fa come una rapida rassegna di tutte le ragioni del prestigio che Giasone riuscì a guadagnarsi, e se avesse voluto significare che questo prestigio fu in gran parte l'effetto immediato dell'elevazione a tago, avrebbe usato l'aoristo καταστῆναι, non già il perfetto καθεστάναι.

Digitized by Google

l'ultimo anno della vita di Giasone, è del tutto inverisimile. Quando nel 374 parla a Polidamante (Xenoph. VI, 1, 7), egli già aveva ridotto in stato di vassallaggio i Dolopi, i Maraci, e Alceta, non solo re dei Molossi, ma dominatore di quasi tutto l'Epiro. È possibile che i Perrebi mantenessero ancora la loro indipendenza? Questi erano stati soggetti a Larissa (Strab. p. 440, citato altrove): poniamo pure che nei conflitti interni che si erano agitati nelle città tessaliche, i Perrebi avessero riconquistata la loro indipendenza; ma Giasone, cui aveva dovuto piegare la potenza di Farsalo, avrebbe aspettato l'ultimo momento ed assoggettare le città dei Perrebi? Inoltre è abbastanza inverisimile che la soggezione di Aminta di Macedonia a Giasone si riducesse a pochi mesi come emergerebbe dall'esposizione di Diodoro, anche fatta la dovuta parte alle iperboli oratorie e rettoriche di Isocrate *(Phil.* § 20), che chiama i Tessali τούς πρότερον ἐπάρχοντας Μακεδονίας, e di Arriano (VII, 9, 4), che fa dire ai Macedoni da Alessandro: Θεσσαλῶν δὲ ἄρχοντας, οὓς πάλαι ἐτεθνήκειτε τῷ δέει, (ὑμᾶς) ἀπέφηνε. Tutto adunque induce a supporre che Diodoro abbia commesso un errore, scambiando qualche viaggio di ricognizione nella Perrebia con la riduzione di questo paese sotto il suo dominio; se pure non si tratta di un equivoco al quale sia mancata ogni occasione assegnabile.

Lo Shäfer *(Demosthenes* II², 9) ritiene che Aminta accolse l'appoggio di Giasone perchè s'impensieriva del risorgimento degli Olinti ed era persuaso che sull'alleanza d'uno stato lontano come Sparta non poteva contare. Questo giudizio riguardo alle relazioni tra Aminta e Giasone mi sembra erroneo. Aminta subì la soggezione di Giasone, non la cercò, anche ammesso che potesse trovare la convenienza ed accettarla. Ma pur ripudiando questa spiegazione, è certo che Giasone non mise troppo tempo in mezzo per affermare la sua egemonia che già meditava fin da quando fece a Polidamante il progetto di annettere Farsalo. Quando Aminta al congresso di Sparta (Scirroforione del 371; Plut. *Ages.* 28) riconobbe la sovranità di Atene su Anfipoli (Aesch. II, 32 (¹) era già legato al carro di Giasone; e la sua condotta non presenta alcuna contraddizione; poichè a Timoteo stratego ateniese aveva in armonia con questo suo atto fornito materiali per la flotta (Pseudo Dem. *Contr. Timoth.* 26 sq. p. 1192), come Alceta alleato vassallo di Giasone aveva a Timoteo mostrato la sua amicizia, venendo a deporre in suo favore nel

(¹) Abbiamo già visto che i Calcidesi di Tracia (Dittenberger I² 80) fecero parte della seconda simmachia delica. Fin d'allora Atene rinnovò le sue pretese su Anfipoli (Aesch. II, 32). Quivi, forse trionfando la parte favorevole agli Ateniesi, l'adesione alla nuova simmachia delica si potè facilmente effettuare.

Digitized by Google

processo, (ibid. 22-24), insieme con lo stesso Giasone. D'altra parte le relazioni tra Giasone ed Atene si mantennero cordiali fino a Leuttra, e anche dopo egli non tenne verso Atene un contegno troppo ostile: nè aveva ragioni speciali di avversione verso di essa. Pertanto Giasone riconosciuto già da qualche anno tago di tutta la Tessaglia, e fornito d'un esercito bene organizzato era padrone di tutto il nord della Grecia; Alceta, re dei Molossi prima, Aminta di Macedonia poi, divenuti suoi vassalli rafforzavano la sua potenza militare e rinvigorivano il suo prestigio politico: onde non esitò a fare quell'affermazione sostanzialmente identica a quella che più d'un trentennio dopo fece Filippo, di prendere la direzione dei giuochi pitici, e preparò questa cerimonia con regale magnificenza (Xenoph. VI, 4, 28-30). Il momento opportuno pel suo intervento definitivo nel confiitto tra Tebe e Sparta non sarebbe tardato: allora egli avrebbe finalmente sventolato il vessillo per raccogliere tutte le forze della Grecia contro la Persia. Ma la mano di sette congiurati troncò con la vita di Giasone la trama che egli aveva tessuta con tanta tenacia e fede nel proprio successo: la conquista della Persia fu ritardata di sette lustri.

Che le basi poste da Giasone alla sua dominazione su tutta la Tessaglia fossero molto solide, si rivela dal fatto che alla sua morte non seguì tosto la dissoluzione dell'impero da lui fondato. Se è vero che gli uccisori di lui ebbero in tutte le città della Grecia solenni onori come tirannicidi (id. VI, 4, 32), non è meno vero che i due fratelli Polidoro e Polifrone ereditarono integralmente la sovranità su tutta la Tessaglia (id. § 33), e che l'unità dell'impero si mantenne ancora sotto Alessandro e Tisifono. La differenza di levatura tra Giasone e i suoi successori è visibile anche a traverso gli scarsi e fugaci cenni delle fonti. La morte quasi subitanea di Polidoro (id. § 33) non ci permette alcun giudizio sulla sua mente e capacità di governo; ma che il fratello Polifrone fosse di gran lunga inferiore all'altezza della sua posizione, si ricava dai metodi di governo troppo diversi da quelli seguiti da Giasone. Anche costui è stato gratificato del titolo di tiranno, e secondo una notizia di Aristotele (*Polit.* P. 1277 A) Giasone quando non esercitava la tirannide, rassomigliava ad un uomo affamato, secondo il suo stesso detto: tanto abborriva dalla condizione di privato cittadino. Non v'ha dubbio che qualche volta il suo procedere non sarà stato conforme ai dettami d'una morale intransigente; ma la sapienza politica ha delle esigenze diverse dalla morale teorica. Presso Senofonte nessun cenno si trova che faccia pensare a una efferatezza sistematica da parte di Giasone; e non va dimenticato che Aristotele si faceva eco d'una tradizione formatasi alla corte di Filippo, in cui i dominatori di Fere erano presentati sotto una luce poco simpatica. Giasone aveva cercato di far sentire,

Digitized by Google

quanto fosse possibile, poco il peso della sua sovranità, e nelle sue relazioni con Polidamante Farsalio si vede che preferiva la sottomissione volenterosa alla conquista violenta. Polifrone al contrario non seppe governare che coi sistemi violenti e cruenti: egli uccise Polidamante di Farsalo e bandì da Larissa molti cittadini (Xenoph. *Hell.* VI, 4, 34). Se riflettiamo che il dominio fondato da Giasone gli sopravvisse, non possiamo trovare altra spiegazione al terrorismo praticato in Tessaglia, se non che questa: Polifrone sentendo mancargli l'autorità e il prestigio necessario, inaugurò il suo regno con crudele rigore, al quale tenne subito dietro una reazione che fu, come rileviamo da Senofonte, soffocata nel sangue. Dell'avversione suscitata da Polifrone si valse Alessandro figlio di Polidoro e genero di Giasone, il quale inalberò la bandiera contro la tirannide e uccise Polifrone. Secondo la tradizione Alessandro, appena giunto al potere gettò la maschera, e si rivelò tiranno più efferato di colui che aveva spento; e non v'ha dubbio che la dominazione di costui fu oppressiva e crudele. Solo però bisogna guardarsi dal ricercare nell'insita perversità le cause della sua linea di condotta: la violenza è non di rado l'energia della paura, e nello spargimento di sangue si trova in certe situazioni critiche l'unico modo di soffocare i germi della rivolta da menti poco antiveggenti. Farsalo si liberò ben presto dal suo dominio (Plut. *Pelop.* 27; Diod. XV, 61) [1] l'esempio di Farsalo fu ben presto seguito da Larissa, che si rivolse ad Alessandro II di Macedonia, il primogenito e successore di quell'Aminta che era stato restituito una volta dalla cavalleria tessalica nel trono usurpatogli da Argeo, di cui abbiamo fatta sopra menzione.

XI. — L'ingerenza di Tebe nelle cose di Tessaglia.

Senza dubbio la riconoscenza non era il solo impulso pel re di Macedonia ad accogliere subito l'invito. La Tessaglia era stata già altre volte l'oggetto di cupidigie da parte dei re di Macedonia: sicchè il mettervi piede quando, come ora, si fosse presentata l'opportunità, poteva conferire onore e forza al conquistatore e

---

(1) Plutarco (L. C.) racconta che, dopo la prigionia di Pelopida nel 368, occupò Farsalo (τὴν δὲ Φάρσαλον κατέσχεν). Di sola occupazione materiale non si può parlare, poichè non si tratta di una guerra, in cui il verbo κατέχειν potrebbe riferirsi alla conquista d'una posizione. È certo possibile pensare ad altro momento per la liberazione di Farsalo come la prima spedizione di Pelopida; ma è d'altra parte più verisimile che Farsalo, più lontana dal raggio d'operazioni militari del tiranno di Fere, si ribellasse prima di Larissa.

Digitized by Google

contribuire ad afforzare stabilmente la sua posizione. Che per questo riguardo gli effetti non fossero conformi alle previsioni, si spiega. Ma ciò non toglie che Alessandro avesse potuto nutrire tali speranze. Penetrò in Larissa, e assediò l'acropoli, che espugnò; quindi s'impadroni facilmente anche di Crannone. La sua missione di liberatore sarebbe così terminata; ma egli mantenne il presidio macedonico in queste due città: onde la nobiltà tessalica non trovò altra via di salvezza che quella di ricorrere a Tebe, che mercè la virtù di Epaminonda era sorta al più alto grado di potenza, avendo disfatto l'esercito spartano a Leuttra, e cominciato ad esercitare un protettorato su tutti gli stati del Peloponneso. Mentre Epaminonda a pochi mesi di distanza dal suo ritorno in Beozia, si accingeva ad un'altra spedizione, fu mandato in Tessaglia Pelopida (Diod. IV, 67 [1]). Gravi complicazioni erano intanto avvenute al Nord della Macedonia: Tolomeo, conosciuto sotto la denominazione di Alorite [2]), profittando dell'assenza del re, cercò, d'accordo con la regina madre Euridice, di cui era amante, di impadronirsi del trono. Alessandro di Macedonia invocò l'aiuto di Pelopida contro l'usurpatore, e Pelopida corse tosto all'invito per estendere anche in Macedonia l'influenza tebana. Alessandro di Fere, sconfitto da Alessandro di Macedonia, avrebbe potuto cogliere questa fortunata occasione per ricuperare il perduto; ma di fronte a un esercito tebano, di cui durava ancora l'eco delle gesta gloriose, non osò dare battaglia: onde dovette subire le condizioni impostegli da Pelopida (Plut. *Pelop.* 26), che si può congetturare consistesse nella riduzione dell'impero di Alessandro di Fere e tutti quei paesi che ormai erano tutti aggregati a Fere. Che Pelopida lasciasse in potere di lui Larissa

---

([1]) Per la cronologia vedi soprattutto Beloch (o. c. II, 266 7). La spedizione di Alessandro II di Macedonia non potè avvenire che a primavera inoltrata o nell'estate del 369. Aminta infatti era morto nella seconda metà dell'anno Attico (Abel. o. c. p. 218): infatti, affinchè potesse regnare di 24 anni (*Klio*, art. cit.), occorreva che fosse salito al trono nel 393, essendo nell'agosto del 394 vivo ancora Aeropo, ed essendogli succeduto dopo l'effimero regno di Aminta II, Pausania. A ciò si aggiunga che secondo la rappresentazione di Senofonte tra Giasone e Alessandro di Fere dominò Polifrone (VI, 4, 33 4), mentre ad Aminta succedè immediatamente Alessandro II. La spedizione di Alessandro II in Tessaglia cade dunque proprio nel principio del suo regno, e forse l'imprudenza di allontanarsene prima che si fosse bene affermato, facilitò le insidie di Tolomeo. La spedizione di Pelopida in Tessaglia può avere avuto luogo nell'estate (Beloch. *ibid.*).

([2]) Quanto al significato dell'epiteto Alorite, vedi appresso. La supposizione dell'Abel (o. c. p. 121) che Alessandro fosse figliastro di Euridice poggia tutta sulla perversa interpretazione del passo aristotelico *Polit.* p. 1311 B, secondo la quale l'Aminta, al quale Archelao avrebbe dato in moglie una figlia, fosse il figlio di Arrideo, cioè l'Aminta padre di Filippo, ed Euridice fosse una seconda moglie. La complicità della madre col suo drudo a danno del figlio rientra in quella serie di tragedie di famiglia di cui si notano non pochi esempi nella dinastia macedonica e nelle ellenistiche.

Digitized by Google

e Crannone, è addirittura inverosimile, poichè difficilmente si comprenderebbe una marcia in Macedonia se non si fosse assicurata una base di ritirata in paese amico. Pelopida, giunto in Macedonia, non ebbe a guerreggiare con Tolomeo, il quale rimise al suo arbitrato la questione del regno di Macedonia, e, avendo Pelopida accettata questa parte, anche Alessandro dovette piegarvisi. Perchè in questa occasione abbia dovuto consegnare ostaggi a Pelopida, s'intende solo avuto riguardo alla condotta di questo principe in Tessaglia. Per gli interessi tebani era del tutto indifferente che Alessandro osservasse lealmente le condizioni stipulate con Tolomeo: anzi, una violazione di esse poteva ben essere una gradita occasione di un altro ed efficace intervento. Inoltre se, come congettura il Flathe, in questa circostanza fosse stato a Tolomeo riconosciuto il principato di Aloro (1), sarebbe stato logico che gli ostaggi se li fossero dati reciprocamente Alessandro e Tolomeo: gli ostaggi dunque non potevano essere stati dati che nello stesso interesse di Tebe. Con essi Pelopida si premuniva d'ogni altro tentativo di usurpazione in Tessaglia da parte della Macedonia; onde, attraversando di nuovo la Tessaglia, si recò in Beozia (2).

Non durò molto tuttavia la tranquillità tanto in Tessaglia che in Macedonia. Tolomeo Alorite uccise il legittimo re Alessandro II, e Alessandro di Fere rico-

---

(1) Flathe *Geschichte Makedoniens* I, p. 38. La cosa è possibile: infatti al tempo della guerra del Peloponneso, Filippo, fratello di Perdicca, era re dell'Elimea. (Tucyd. I, 57).

(2) Diod. XV. 67; Plutarch. *Pelop.* 26, attestano che in quell'occasione Filippo sarebbe stato dato ostaggio a Tebe. Si è visto una confutazione di questa testimonianza (Beloch; o. c. III, p. 268. n. 2; E. Meyer, o. c. V, p. 439), nelle parole di Eschine (II, § 26): « Essendo morto testè Aminta e Alessandro il primogenito dei fratelli, e Perdicca e Filippo essendo ancora fanciulli. . . . avendo posto nelle mani di Ificrate il fratello tuo Perdicca, e te (Filippo) essendo ancora bambino avendo collocato presso le ginocchia di lui. . . . » I prelodati critici potrebbero avere anche ragione: sononchè non c'è troppo da fidarsi degli oratori, i quali per un effetto drammatico non si facevano scrupolo di alterare la verità storica. P. e. nell'orazione contro Demostene per la causa arpalica tenuta nel 324 Dinarco (I, 34) dice che l'adesione degli Elei e degli Arcadi alla sollevazione di Agide avvenne quando Alessandro era nell'India, cioè nel 327. Noi, fortunatamente, oltre che dalle testimonianze delle fonti storiche (Diodor. XVII, 62: Curt. IV, 8, 15; V, 1; Iustin. XII, 1) dall'orazione ctesifontea di Eschine (III, 165) ricaviamo che la sollevazione era già avvenuta; e quest'orazione fu tenuta sotto l'arcontato di Aristofonte 330/29 (Dionys. *Ad Ammae.* I, 12) prima della Pitie (agosto-settembre 330: Aesch. III, 254). La sollevazione di Agide inoltre è anche anteriore alla battaglia di Gaugamela (Diodor. l. c.), come ha trovato il Niese (o. c. I, p. 497-500; Kärst, o. c. p. 319 n. 1): dunque ebbe luogo nel 331. Pertanto alla distanza di un triennio era ad un oratore possibile un così strano anacronismo: vorremmo credere che Eschine desumesse da qualche archivio il ricordo della scena drammatica di Euridice che pone il figlio Filippo ai piedi di Ificrate? In ogni modo nessuno vorrà più ammettere la costruzione dell'Abel (o. c. p. 288 sq.) il quale cerca di combinare le testimonianze contraddittorie di Diodoro il quale una volta (XV, 67) racconta che Filippo fu dato in

Digitized by Google

minciò la sua politica di conquista nella Tessaglia (1). Se questi due fatti abbiano tra loro qualche relazione, non siamo in grado di stabilire; ma che Alessandro di Fere abbia in questa contingenza cercato di stringere alleanza con Atene (Diod. XV, 71; Plut. *Pelop.* 31), piuttostochè, come risulterebbe da Diodoro, nell'imminenza della venuta di Epaminonda, è verisimile; infatti, da quando Atene si era avvicinata a Sparta per controbilanciare la potenza tebana, è ben naturale che i nemici di Tebe cercassero un appoggio in Atene. Allora i Tessali si rivolsero di nuovo a Tebe, mentre Ificrate che guerreggiava con Anfipoli, in Macedonia sosteneva Tolomeo (2) l'uccisore di Alessandro e Autocle con trenta navi e mille soldati sosteneva Alessandro di Fere. Secondo una tradizione troppo benevola per Pelopida — se fosse o no beotarco, non risulta - sarebbe andato insieme con Ismenia ambasciatore ad Alessandro di Fere (Plut. *Pelop.* 27; Paus. IX, 15, 1) per richiamarlo all'osservanza dei patti. La missione sarebbe stata soltanto diplomatica tutt'al più si sarebbe dovuto valere dei Tessali secondo l'urgenza delle circostanze:

---

ostaggio ai Tebani da Alessandro II, un'altra (XVI, 2) dal padre Aminta (!) agli Illirii e da questi ai Tebani. Secondo l'Abel la chiave della soluzione starebbe nello scambio degli Illiri coi Lincesti, che per lui è una vera ossessione. Nella prima guerra tra Alessandro e Tolomeo, che l'Abel ritiene Lincesta, in seguito alla mediazione di Pelopida, Filippo sarebbe stato dato come ostaggio a Tolomeo. Ma quando Alessandro fu assassinato da Tolomeo con la complicità di Euridice, Pelopida avrebbe creduto opportuno di proteggere la famiglia reale, conducendo a Tebe il giovane principe. Questa combinazione dell'Abel basterebbe a dimostrare il fallimento della critica conciliatrice. Diodoro (XVI, 2) dice che fu dato ostaggio dal padre Aminta agli Illiri: bisogna quindi riconoscere sempre nella tradizione un errore grossolano: ma allora perchè non supporlo sorto direttamente senza l'intermediario della dimora come ostaggio presso Tolomeo? È evidente che la leggenda d'una dimora come ostaggio di Filippo presso gli Illiri è una copia di quello presso i Tebani, e che un miope prammatismo li ha insieme combinati.

(1) Alessandro di Macedonia regnò solo un anno; poichè la sua morte e la seconda spedizione di Pelopida seguita dalla relativa prigionia di lui presso Alessandro di Fere, cade nel periodo in cui Epaminonda non era beotarco (Plutarc. *Pelop.* 28), si ha una conferma di quanto abbiamo sostenuto a p. 116, n. 1, cioè che Aminta morisse nel 369.

(2) La defezione di Anfipoli da Atene è connessa da alcuni critici moderni con una rivoluzione interna; i democratici, nei quali in base a un cenno d'Aristotele si riconoscerebbe la popolazione avventizia, avrebbero cacciato gli ottimati, i discendenti degli antichi coloni. Vedi *Politic.* p. 1303 = Susehmihl p. 251: « e gli Anfipoliti avendo accolti coloni calcidesi furono per la maggior parte cacciati da costoro: » p. 1306 A. . . . « e in Anfipoli un tale denominato Cleotimo condusse alcuni nuovi coloni calcidesi, e venuti costoro li fece rivaleggiare con i ricchi. . . . » Lo Schäfer pone questa defezione all'incirca verso il tempo del congresso di Sparta nel 371, in cui Aminta riconobbe i diritti di Atene su Anfipoli (Demosth, II, 10): i' Hirschfeld (Pauly-Wissowa I, 2, p. 1952) invece pone quest'avvenimento all'inizio del regno di Filippo di Macedonia. e con lui il Dittenberger (I²: C. I. G. 2008) e il Kärst (o. c. p. 148 n. 5). Ma il raffronto col luogo di Demostene, *Olynth.* I, 8, e della precitata iscrizione combinata con la testimonianza di Diodoro XVI, 8, 2, non avvalora punto questa costruzione, poichè l'impressione che, si riceve dalla lettura di ciascuna di queste testimonianze è che ci troviamo dinanzi

Digitized by Google

« E si presentò — dice Plutarco — non portando dalla patria esercito nè aspettando la guerra, ma costretto a valersi degli stessi Tessali, se le circostanze lo obbligassero a ciò ». Ma frattanto una tragedia di famiglia fa passare il trono di Macedonia a Tolomeo, che d'accordo con Euridice, la madre di Alessandro, Perdicca ed Aminta, uccide Alessandro: e gli amici e fautori di Alessandro chiamarono Pelopida: « questi — dice ancora Plutarco — non avendo soldati propri, ma avendo arrolato alcuni mercenari, con essi subito marciò contro Tolomeo ». Ma pure Pelopida avrebbe dovuto avere denari per pagare questi mercenari: inoltre Alessandro di Fere non era certo l'uomo che avrebbe permesso, dopo aver riconquistate molte città delle città della Tessaglia, di dare tempo al suo avversario di assoldare e disciplinare un esercito per condurre in Macedonia. La tradizione così com'è presenta molti punti inesplicabili per non dire assurdi, e l'inverisimiglianza aumenta, quando si considerino le gesta di Tessaglia in connessione con quelle di Macedonia. Quivi sarebbe avvenuta la defezione dei mercenari di Pelopida a Tolomeo ma tuttavia questi — pur sotto la protezione di Ificrate, al quale la regina madre Euridice chiese aiuto (Aesch. II, 29) mentre guerreggiava intorno ad Anfipoli contro il pretendente Pausania — scende a patti con lui e gli dà ostaggi, tra cui il figlio Filosseno (Plut. *Pelop.* 27). Ad accrescere l'incomprensibilità della situazione, si aggiunga che Tolomeo Macedone trova conveniente rinnegare Ificrate ed allearsi con Tebe (Aesch. *Ibid.*). Che poi nel suo ritorno dalla Macedonia Alessandro di Fere volesse irritare gratuitamente Tebe violando il diritto delle genti colla prigionia di due ambasciatori, è ancora più incomprensibile: e per prendere questa risoluzione dovè avere almeno un qualche motivo apparente per giustificare il suo operato. Le difficoltà di conciliare tutti i dati della tradizione hanno indotto il Grote (apd. Schäfer, *Demosthenes* I, 92-93) a separare il viaggio in cui Pelopida

---

ad avvenimenti diversi. Il Beloch pone la rivoluzione cui allude Aristotele nella seconda metà della guerra del Peloponneso (o. c. II, p. 274, n. 2). Giusta o no che sia questa opinione, appare cosa inverisimile che Anfipoli si distaccasse da Atene nell'occasione di questo interno rivolgimento, poichè l'elenco dei disastri subiti dagli Ateniesi che riferisce lo scoliasta di Eschine (II, 34) non lascia dubbio che l'attitudine di Anfipoli contro Atene è improntata a una diuturna e assidua ostilità. La notizia poi contenuta nell'Epistola di Filippo (Demosth. XII, *epist.* 21) che gli Spartani avrebbero cacciati gli Ateniesi insediando dei neo-coloni, presumibilmente calcidesi, non va presa troppo alla lettera, perchè ci sarebbe ove si attribuisse a Brasida questo metecismo, contraddizione con la testimonianza di Tucidide (V, 71), che gli Anfipolitani — certo gli antichi coloni — dimostrarono per Brasida devozione e ammirazione, consacrandogli anche un Heroon. Il dialetto dell'iscrizione C. I. G. 2008, non prova un rinnovamento della popolazione, poichè, se anche i coloni di Anfipoli fossero stati tutti ateniesi, si comprenderebbe la adozione del dialetto ionico in un paese circondato da coloni dell'Eubea,

Digitized by Google

sarebbe stato fatto prigione, dalla seconda spedizione di Tessaglia e di Macedonia, e avvalora questa congettura col cenno di Senofonte, che Epaminonda sarebbe stato processato non dopo la seconda ma dopo la terza spedizione nel Peloponneso (VII, 1, 33). Ma il cenno di Senofonte è troppo indeterminato e quindi mal si presta a questa combinazione. La più plausibile ricostruzione degli avvenimenti è questa: Pelopida con un esercito di mercenari mosse contro Alessandro di Fere per obbligarlo a restar fedele ai patti stipulati l'anno innanzi, e questi si obbligò a rispettare lo *statu quo* in Tessaglia. Nè ciò si ricava solo per integrazione congetturale, ma per l'esplicita testimonianza di Diodoro (XV, 71), secondo il quale Pelopida si sarebbe mosso da Tebe addirittura con esercito (1). Pelopida, invece di tornare in patria, attraversò la Tessaglia per recarsi contro Tolomeo in Macedonia, che aveva ucciso Alessandro. In Macedonia Tolomeo cercò di corrompere i mercenarii e ne guadagnò una parte; ma cominciandogli a riuscire pesante la protezione di Ificrate, credè opportuno intavolare degli accordi con Pelopida, che furono suggellati dalla consegna degli ostaggi. Attraversando poscia nel ritorno la Tessaglia, coll'esercito assottigliato per la diserzione dei mercenari, Alessandro lo affrontò con forze molto maggiori, ed essendo Pelopida venuto a trattative, venne senz'altro imprigionato.

Di fronte a un insuccesso così grave, è naturale, che Tebe non potesse rimanere inerte; onde si affrettò a mandare un esercito comandato da Cleomene e Ipato (Paus. IX, 5; 1); ma, essendo stato fiacco l'aiuto recato loro dai Tessali, e

---

(1) Apparentemente esistono due versioni sulla spedizione di Pelopida in Tessaglia, l'una riprodotta da Diodoro (XV, 61) secondo la quale Pelopida gareggiando con Epaminonda, cercò di aggregare all'impero tebano i paesi fuori del Peloponneso, e quindi si recò in Tessaglia: l'altra riprodotta da Plutarco (Pelop. 25): « dopo ciò i Tessali accusando di nuovo Alessandro Fereo di turbare le città, Pelopida fu mandato ambasciatore insieme con Ismenia », e da Pausania (9, 5): « andò come ad un uomo benevolo a lui personalmente e amico alla confederazione tebana . . . » Ma le due versioni altro non rappresentano che due momenti dello stesso ordine di fatti, isolati da tutto il loro nesso e contorni. La spiegazione che abbiamo data è sinora la più soddisfacente, ove si abbia l'audacia ragionevole di negare la partecipazione di Pelopida alla seconda spedizione peloponnesiaca, che la fonte di Diodoro sembra ignorare, e la conseguente complicazione di Pelopida nel processo di Epaminonda, in cui la sua parte fu quella di ricorrere a scaltri accorgimenti, per paralizzare l'opera degli accusatori, di che è qualche traccia nella versione di Plutarco (Pelop. 25), che a torto pone il processo dopo la prima spedizione nel Peloponneso. Quanto alla cronologia, bisogna ammettere che Pelopida giungesse in Macedonia a estate già inoltrata: infatti l'azione di Ificrate che reprime Pausania, è certo anteriore a quella di Pelopida, poichè l'alleanza con Tebe di cui parla Eschine (II, 29) è da identificarsi col trattato concluso con Pelopida, suggellato con la consegna dei mercenari. Ificrate non poteva reprimere Pausania prima della primavera del 368.

Digitized by Google

Alessandro essendo d'altra parte fiancheggiato da rinforzi ateniesi (Diod. XV, 71), l'esercito beotico fu costretto a ritirarsi. I beotarchi che avevano condotta questa infelice spedizione, tornati a Tebe furono multati con diecimila dramme ciascuno (Plut. *Pelop.* 29; Diod. *ibid.*). L' inefficacia di questa spedizione ebbe effetti funesti nella Tessaglia: nelle città tutti quelli che dimostravano renitenza alla imposizione della sovranità d'Alessandro, furono perseguitati, come appare dal bagno di sangue in Scotussa e Melibea (Plut. *Pelop.* 29) (1). Epaminonda fu novamente eletto beotarca, e, con una spedizione condotta al principio della primavera (Beloch. o. c. III, 269, nota), liberò Pelopida e Ismenia (2). Ma l'azione tebana era abbastanza assorbita delle faccende del Peloponneso perchè si potesse pensare a una impresa energica contro il tiranno di Fere, che aveva ancora l'appoggio di Atene; e nello stesso tempo si cercava di far la pace, come si prova col fatto che, fallito il congresso di Delfo nel 368, si trattò la pace a Susa (Xenoph. VII, 1, 27; Diod. XV, 70; Xenoph. *ibid.* 33, 38; Plut. *Pelop.* 30; Artax. 22: Demosth. XIX, 42). Alessandro ricominciò quindi la politica di conquista e di violenza, riducendo novamente in suo potere molta parte della Tessaglia, specialmente l'Acaia Ftiotide e Magnesia. Finalmente nel 364 furono di nuovo i Tessali costretti a rivolgersi a Tebe che mandò Pelopida. Questi combattè valorosamente presso Cinoscefale, ma vi morì; la battaglia se non rimase indecisa non ebbe come effetto la prostrazione del tiranno, sicchè Tebe dovette affrettarsi a spedire un altro esercito (3), che abbattè defini-

---

(1) Le stragi di Scotussa e di Melibea Plutarco (Pelop. 29) le presuppone prima della venuta di Epaminonda, d'accordo con Diodoro (XV, 75), il quale racconta l' eccidio degli Scotussei: quindi capovolgendo l'ordine degli avvenimenti, narra prima la spedizione di Epaminonda del Peloponneso ed aggiunge: « marciarono anche in Tessaglia i Beoti, e liberarono Pelopida da Alessandro tiranno di Fere ». D'altra parte è per sè verisimile che il fallimento dell' impresa beotica, la quale, suscitando speranze provocò certo una generale manifestazione d'ostilità al tiranno, avesse come effetto nuovi rigori da parte di costui. L' indicazione di Diodoro, che narra la strage di Scotussa sotto l'arcontato di Polizelo (367/6) non infirma la nostra ipotesi, poichè questi spostamenti, specialmente progressivi, di Diodoro, sono troppo frequenti perchè metta conto discuterli. Onde derivi l'errore grossolano di Pausania (VI, 5, 6) che assegna queste stragi all'arcontato di Frasiclide (371/0), non è chiaro: certo qualche confusione tra Giasone e Alessandro ha dato origine al pervertimento. Inoltre non mi sembra giusta l'affermazione di E. Meyer (V. p. 441) che Plutarco pone queste stragi prima della prigionia di Pelopida. Che Alessandro di Fere riconquistasse l'Acaia Ftiotide e Magnesia come si ricava da Plutarco (*Pelop.* 31), non mi sembra vi sia un motivo plausibile per negarlo come fa il Beloch (o. c. II, p. 269, nota). Il tiranno potè rendersi padrone di Scottusa e di Melibea: la stessa sorte seguirono altre popolazioni.

(2) La liberazione non può essere avvenuta più tardi poichè Pelopida nell'estate del 367 va a Susa a patrocinare la causa tebana per la pace (Beloch. o. c. p. 271).

(3) Diodoro (XV, 8 C,) dopo aver narrato la morte di Pelopida dice: « Alessandro nella seconda battaglia abbandonato e totalmente abbattuto fu costretto a rendere ai Tessali le città conquistate in guerra, consegnare ai Beoti i Magneti e gli Achei Ftioti, e per l'avvenire essere alleato dei Beoti

Digitized by Google

tivamente la supremazia di Fere nella Tessaglia, e ridusse tutti gli stati tessali sotto l'egemonia tebana: tantochè un contingente di truppe feree si trovava nell'esercito di Epaminonda alla battaglia di Mantinea (Xenoph. VII, 5, 4).

XII. — La Tessaglia dalla morte di Pelopida sino alla guerra sacra.

La liberazione della Tessaglia dal Tiranno di Fere per opera di Tebe non fu senza conseguenze per l'assetto politico della regione. Primieramente Alessandro dovette rendere la libertà ai Magneti e agli Achei Ftioti, nonchè togliere di quivi i presidi. Quantunque questi paesi non fossero più sin dal principio del IV secolo sudditi degli altri tessali, è certo che da questi ultimi tempi il pareggiamento di costoro alle altre popolazioni della Tessaglia riceve una sanzione formale. I Tebani instaurano almeno per la Tessaglia propriamente detta un κοινόν, cercando dare ad esso l'impronta della costituzione beotica: l'esercito doveva essere comandato da un ἀρχός (CIA II, 88), e le truppe di ciascun cantone essere sottoposte a un polemarco e a un certo numero di pezarchi (1). Nel trattato tra il κοινόν tessalico e Atene nel 362/1 (CIA, II, 88) gli Ftioti figurano addirittura come una parte del

---

nella qualità di semplice dominatore di Fere ». Egli rappresenta dunque la seconda battaglia come succeduta a brevissimo intervallo a quella di Cinoscefale, e in ciò s'accorda con Plutarco (*Pelopida* 35). Infatti i Tebani, appena ebbero saputa la morte di Pelopida, non differirono affatto la vendetta, ma marciarono con 6000 opliti 700 cavalieri sotto il comando di Malcito e di Diogitone ». Ora siccome Pelopida (Plut. *ibid.* 31) si mise in marcia al tempo dell'eclisse (12 agosto), vi è sempre la possibilità che nella fine dell'autunno si potesse effettuare l'altra spedizione. E. Meyer (V. p. 460) la pone nel 363, accettando le induzioni del Köhler (Hermes XXIV, 637-638), che nell'iscrizione C I G Slis 2408 identifica il Μαληχίδας registrato nella lista dei tetrarchi col Μάλκιτος di Plutarco, nominato come in questo autore accanto a Diogitone (Μαλεκίδαο, Διογίτονος = Μαλκίτου καὶ Διογείτονος). Non trovandosi menzionato Pelopida che era beotarco nell'anno 364, il Köhler, il quale circoscrive in quest'ultimo spazio di tempo la data dell'iscrizione, argomenta che Malcito e Diogitone abbiano rivestito la beotarchia nel 363. Per conto mio stento a credere che Epaminonda dopo la spedizione vittoriosa di Tessaglia non fosse rieletto beotarco (poichè il suo nome manca nella lista): onde considero il dato della iscrizione come molto malsicuro, e nello stesso tempo vi è per essa margine anche pel periodo posteriore alla battaglia di Mantinea.

(1) Il Köhler A. M. ritiene che il κοινόν fu modellato sullo schema beotico, e a questa opinione avevo acceduto anch'io (*Riv. di St. Ant.* VII, 1, p. 66); ma l'influsso beotico, senza negarlo, va ritenuto alquanto superficiale, limitato solo alla denominazione ἀρχὸς cioè ἀρχὸς τῆς Θετταλίας, preferita all'altra, che doveva riuscire un po' dura, di Θετταλιάρχης. Infatti ogni comandante della cavalleria aveva sotto di sè tutte le truppe reclutate in una regione corrispondente all'antica tetrade. Secondo il Beloch (o. c. II, p. 533 nota), come abbiamo avuto occasione di rilevare, il nome ἄρχων avrebbe sostituito quello di ταγός, perchè questo sarebbe diventato odioso in seguito alla tirannide di Alessandro: tuttavia dovette contribuire più che altro il carattere repubblicano del nuovo organismo.

Digitized by Google

κοινόν tessalico: quanto ai Perrebi e ai Magneti nulla possiamo affermare con sicurezza. Quando la guerra sacra, perduto il suo carattere locale assunse la forma d'una guerra anfizionica, i Perrebi insieme coi Dori e Dolopi, gli Atamani, gli Eniani, che certo erano i περίοικοι, di cui parla Senofonte del discorso di Giasone a Polidamante, i Magneti, appaiono come popolazioni autonome, che dànno il loro voto per la partecipazione alla guerra (1) ma in questa enumerazione troviamo anche gli Achei Ftioti (Diod. XIV, 29), distinti dai Tessali. È quindi difficile trarre qualche conseguenza da questa testimonianza, anche perchè l'aggruppamento anfizionico non corrispondeva in tutto a una divisione politica (2). Eschine, (III, 167) nomina i Perrebi in antitesi cogli altri Tessali. Ma questo passo che si riferisce al tentativo di Agide spartano durante la permanenza di Alessandro in Asia, non prova nulla, poichè dopo l'annessione effettiva della Tessaglia alla Macedonia non poteva mancare il livellamento dei Perrebi colle altre popolazioni tessaliche. Lo stesso possiamo dire riguardo agli Eniani e Dolopi (Cfr. *Ainianes e Dolopes* in Pauly-Wissowa, I, 1, p. 1206-1207; V, 1, p. 1289-1290). In ogni modo queste stirpi non furono assorbite nel κοινόν tessalico, rilevandosi da varie testimonianze che i Perrebi e i Magneti godevano dell'autonomia; tuttavia, essendo posti alla periferia della Tessaglia, è difficile che potessero mantenersi immuni da ogni vincolo di di-

---

(1) A proposito del κοινόν dei Magneti cfr. Fougère il B. C. H. XVII, 1889, p. 274. « Leur situation geographique assurait aux montagnards du Pélion une certaine indépendance à l'égard du dinasties regnantes en Tessalie. Au IV siècle ils ètaient tributaires (ὑπήκοοι ou περίοικοι) du κοινόν Θεσσαλῶν, comme les Perrèbes et les Achéens de Phtiotide, simplement assugettis à fournir pour les entreprises militaires de la confederation thessalienne des contingents en hommes et des subsides en argent. Après la mort d'Alexandre de Phère, en 359 (inesatto 358) ils tombèrent avec le reste de la Thessalie, sous le joug de la Macedoine ». Ciò è perfettameute erroneo. Che i Tessali pretendessero a una sovranità su Magnesia, si rileva dalla promessa fatta loro da Filippo, dopo debellati i tiranni di Fere, di consegnare loro Magnesia. Demost. Olint. II, 7. Tuttavia l'autonomia dei Magneti nel 340 si rileva da *Epistul. Phil.* (= Dem. XII) 5, iu cui le città del golfo pagaseo sono presentate come alleate di Filippo. Che queste città facessero parte di un κοινόν a parte distinto dal tessalico, è presumibile fino a prova contraria.

(2) La teoria del Bürgel (*Die pylaëisch-delphische Amphyktionie* p. 19 sq) circa l'origine dell'anfizionia è fondata tutta su concetti antiquati relativamente alla preistoria della Grecia. Ma va rilevata un'osservazione giusta (p. 22). « Un punto di appoggio risulta da una altra circostanza, che l'anfizionia consiste di stirpi, non di stati o di città ». Le conseguenze che trae da questo principio sono inaccettabili; ma si può invece ricavare che queste stirpi una volta formavano unità politiche, e quando non vi fu più questa coincidenza, la tenacia della tradizione avvalorata dall'idea religiosa ebbe la forza di conservare gli antichi aggruppamenti accanto ai nuovi stati. Qualche cosa di simile troviamo anche in tempi storici: Potidea per esempio faceva parte dell'impero ateniese, e pur tuttavia riceveva gli epidemiurgi da Corinto.

Digitized by Google

pendenza, specialmente i Perrebi, i quali secondo la testimonianza di Strabone (p. 440) — la quale va intesa molto discretamente — sarebbero stati tributari a Larissa sino a Filippo. È verosimile che il grado di indipendenza dei Perrebi e degli altri popoli una volta περίοικοι variasse secondo la forza di prestigio dei κοινόν tessalico (1).

Fere non fece sicuramente parte del κοινόν tessalico, e ciò desumiamo da due circostanze: la prima che in uno stato ordinato a federazione difficilmente un sovrano come Alessandro di Fere si sarebbe rassegnato a una posizione subordinata: la seconda, perchè della piena libertà d'azione d'Alessandro abbiamo prove esplicite, non solo dall'alleanza contratta dalla federazione tessalica cogli Ateniesi (C I A, II, 88) contro Alessandro, ma anche dal modo come si esprime Senofonte, la cui testimonianza non lascia dubbio che l'indipendenza d'Alessandro fosse non solo effettiva ma anche formale; poichè, accennando all'ultima campagna dell'esercito di Epaminonda nel Peloponneso, dice che conduceva (VII, 5, 4) « molti Tessali da parte di Alessandro e da quella di coloro che gli erano contrari ». Pertanto noi possiamo congetturare che l'assetto della Tessaglia dopo l'ultima spedizione di Epaminonda fosse a un di presso questa: Fere, un κοινόν tessalico: κοινά autonomi, ma con dipendenza variabile, quello dei Dolopi Eniani Atamani. (Intorno alle divergenze nell'enumerazione dei popoli dell'Amfizionia; cfr. Bürgel o. c. p. 52. 70).

Alessandro di Fere era stato costretto ad una alleanza con Tebe; ma dopo la morte di Epaminonda a Mantinea, Tebe che a quest'uomo superiore doveva il suo passeggero splendore, non era più potenza da incutere timore ed esercitare un freno alle cupidigie del tiranno di Fere. Già vivente Epaminonda i Focesi si erano rifiutati di seguirlo nel Peloponneso (2), e questo duce avveduto non credette prudente di esercitare alcuna coazione: dopo la sua morte, tutti gli stati alleati si staccarono dalla federazione. Pertanto l'alleanza con Tebe per Alessandro di Fere perdeva quel carattere di subordinazione che poteva avere in seguito alla spedizione vittoriosa di Pelopida e a quella effettuata dopo la morte di Pelopida:

---

(1) Cfr. Isocr. V, 21, Μάγνητας δὲ καὶ Περραιβοὺς καὶ Παίονας κατέστραπτα. . . . Più determinatamente Teopompo nel libro XIX (apd. Athen. p. 259) riferisce un accorgimento di Filippo per rendersi padrone dei Perrebi. Cf. ancora Aesch. III, 166.

(2) Xenoph. VII, 5. 4. « Mentre si compivano queste cose. Epaminonda uscì dal paese avendo seco tutti i Beoti ed Eubei e molti Tessali tanto da parte di Alessandro che dagli avversari di lui. I Focesi tuttavia non seguirono, dicendo che avevano con loro trattato di venire in aiuto se Tebe fosse aggredita ma non di marciare a scopo di offesa ».

Digitized by Google

onde era nell'interesse suo di mantenerglisi fedele, specialmente perchè aveva esperimentato quanto gli fosse inutile l'alleanza di Atene nell'ultime spedizioni tebane. Così Alessandro ricominciò la sua politica di conquista in Tessaglia, cui Tebe non aveva più forza di opporsi; e non si peritò di trattare Atene come nemica, pirateggiando Teno, Pepareto e le stesse coste dell'Attica (Diod. XV, 95). Allora i Tessali comprendendo che da Tebe difficilmente potrebbero aspettarsi soccorsi, strinsero un trattato d'alleanza offensivo e difensivo con Atene. A capo del κοινόν tessalico troviamo Agelao, e, se coglie nel segno una congettura dell'Homolle (BCH, XXI, 536), che nel riscontro del nome con Agelao figlio di Agia, riconosce nel personaggio nominato in questo trattato un principe farsalio della casa degli Aparidi, possiamo ricavare che Farsalo avesse una posizione prevalente in Tessaglia. Di un'azione convergente degli Ateniesi e dei Tessali contro Alessandro di Fere, nulla sappiamo: probabilmente Alessandro trovò prudente di sospendere di fronte a questa alleanza ogni tentativo di aggressione. Intanto egli rinsaldava sempre più i vincoli con Tebe, che col ritogliere Oropo agli Ateniesi aveva distrutto ogni probabilità di riavvicinarsi ad Atene. Con queste mire va collegata la risoluzione d'Alessandro di far divorzio da Tebe figlia di Giasone, e sposare la vedova di Giasone che risiedeva a Tebe. Ma nel 358 Alessandro soccombette a una congiura domestica, poichè Tebe istigò i suoi fratelli uterini Tisifono, Licofrone e Pitolao a spegnerlo (Xenoph. *Hell.* VI, 4, 37; Plut. *Pelop.* 35). Stando alla tradizione raccolta da Plutarco, l'eccidio di Alessandro fu accolto con giubilo dalla cittadinanza ferea: se questo racconto vada accettato integralmente o vada riguardato come il prodotto di amplificazione leggendaria, è questione di molto secondaria importanza (1). Il fatto più rilevante è che i fratelli tirannicidi continuarono a battere la via tenuta da Alessandro nelle relazioni esterne: Tisifono nel 357 portò soc-

(1) Esaminiamo la notizia di Diodoro XVI, 14, che Alessandro di Fere sarebbe stato ucciso da Licofrone e Tisifono i quali, salutati prima come tirannicidi, dopo aver cambiato di indole (ὕστερον δὲ μετανοήσαντες) coi mercenari oppressero gli avversari uccidendone molti; sicchè gli Alevadi chiamarono Filippo. L'anno che erroneamente Diodoro pone per la morte di Alessandro di Fere (357-6) è forse quello della morte di Tisifono; e questa supposizione già fatta dallo Schäfer (o. c. I, p. 5k4) sembra in qualche modo corroborata da Senofonte (Hell. VI, 4, 37): « costoro avendo compiuto quest' uccisione, mentre veniva fatta questa narrazione (ὅδε ὁ λόγος) teneva il potere Tisifono il maggiore dei fratelli »: con ὅδε ὁ λόγος si allude certamente alle cose tessaliche (τὰ Θετταλικά). Una marcia di Filippo in Tessaglia nel 356 non si può ricavare da Giustino (VII. 6, 8), come ha visto lo Swoboda (*Jahresheft des österr. arch.* Instit. VI, p. 205 sq.). Una testimonianza che non aggiunge nulla alle nostre cognizioni è quella della scolio a Demostene (*Olynt.* I, 22): « Aleva discendente di Herakles tiranneggiò (ἐτυράννησε) sui Tessali: poscia anche i figli di costui non sopportando la tirannide, e non sapendo che farsi, chiamarono

Digitized by Google

corsi a Tebe (*Schol. ad. Aristid.* p. 298) cui veniva contesa l' Eubea d'Atene, e forse si preparava a rimettersi sulla via che doveva ricondurre Fere all'egemonia Tessalica (1).

Intorno alle cose di Tessaglia nel periodo decorso tra la morte d'Alessandro di Fere e il principio della guerra sacra nessuna notizia estesa e precisa troviamo nella nostra tradizione storica. Uno spiraglio di luce ci viene dalla combinazione di qualche breve notizia d' uno storico, arrivataci pur troppo in confusa concisione nel riassunto d' un tardo compilatore, non sempre scrupoloso, con un cenno di un altro tardo scrittore. Giustino, riferita una disfatta degli Illiri, aggiunge (VII, 6. 8): « Hinc Thessaliam non praedae cupiditate, sed quod exercitui suo robur Thessalorum equitum adiungere gestiebat, nihil minus, quam bellum metuentem improvisus epugnat, unumque corpus equitum pedestriunque copiarum invicti exercitus facit » (2), Poichè subito dopo narra le nozze di Filippo con Olimpia — e da queste nozze gli nacque Alessandro (Plut. Alex. 3) proprio nel tempo in cui Parmenione riportava la vittoria sugli Illiri (anno 356) — è evidente che Trogo Pompeo (*Prolog.* 8) pone la conquista della Tessaglia dopo la spedizione illirica cui accenna Diodoro nell' arcontato di Eucaristo (359/8) (XVI, 4) (3). Se il cenno di Giustino

---

come alleato Filippo. Quindi costui cacciò gli Alevadi (?) dalla tirannide ἐξέβαλε τοὺς Ἀλευάδας τῆς τυραννίδος. La correzione di Ἀλευάδας in ταγούς proposta dal von Scala (*Staatsverträge* p. 187) è certamente falsa, perchè la vulgata fa riscontro colla prima proposizione Ἀλεύας. . . . ἐτυράννησε. Se a corruzione del testo e non a imperizia dallo scoliasta si deve questo guazzabuglio, il più probabile tentativo di emendazione consisterebbe nel sostituire all' ἐτυράννησε del principio ἐβασίλευσε, e nel cambiare l'ἐξέβαλε τοὺς Ἀλευάδας τῆς τυραννίδος in ἐξέλυσε τ. Ἀ. τ. τ.

(1) Diod. XVI. 7 *Schol ad Arist.* p. 298, 23, Dindorf. C. P. A. IV, 2, p. 22 (= Dittenberger I² 109).

(2) La trasposizione che il Rubl fa della parole « Urbem nobilissimam Larissam capit, » che nel testo si legge dopo il periodo: « post hos bello in Illyrios translato multa milia hostium caedit » alla fine del periodo che abbiamo riprodotto nel testo, si raccomanderebbe per una considerazione grammaticale. Si eliminerebbe infatti l'asindeto con due membri coordinati, mentre nel luogo dove la proposizione vien posta, la sintassi è perfettamente normale. Tuttavia l'asindeto con due proposizioni non è raro: d'altra parte non mi sembra prudente addossare a Giustino in un emendazione congetturale l'errore storico di un'espugnazione di Larissa per parte di Filippo, quantunque non ci si debba lasciare sedurre dalla tentazione di supporre corruttele solo dove si trovano errori. Larissa è quasi di certo corrotto: se debbasi correggere *Arnissam* come propone l' Unger (*Philol*, XXXV, p. 205), è incerto. Non è neppure escluso che nel luogo della vittoria Filippo fondasse una colonia che chiamasse Larissa, e per prolessi Trogo o Giustino abbiano così denominato la città espugnata.

(3) Cfr. Swoboda *Jahresheften des osterreichischen archäolog. Institutes* VI, 1903, p. 202, in cui confuta tra gli altri il Mahler che nel suo *Polyklet und seine Schule* p. 101 sq. aveva sostenuto che le 12 vacche di bronzo, Φράδμονος ἔργον (Anthol. IX, 743) consacrate da 12 città tessale ad Atene Itonia in seguito a una vittoria contro gli Illiri vadano considerate come un ex-voto della vittoria di Parmenione nel 356 in cui avrebbero partecipato i Tessali.

Digitized by Google

avesse quindi una qualche importanza per la cronologia, bisognerebbe ammettere che Filippo avesse conquistata la Tessaglia e per di più che tale conquista cadesse anteriormente al 359: (1) ma ciò apparirà impossibile appena si ricordi in quali imbarazzi si trovò Filippo nei primi anni del suo regno: contrasto col pretendente Pausania aiutato dai Traci, Argeo, aiutato dagli Ateniesi, invasione dei Peoni e degli Illiri. Col congetturare che l'inesattezza di Trogo stia solo nell'aver confuso le due spedizioni illiriche, quella del 358 e quella compiuta da Parmenione nel 356, si ricorrerebbe a una delle solite combinazioni poco rassicuranti, anche se teoreticamente si reggono in piedi per mancanza di visibili contraddizioni. L'appello all'autorità di Diodoro (XVI, 14) che nel 357/6 riferisce a proposito l'assassinio d'Alessandro di Fere, l'oppressione dei successori e la chiamata di Filippo da parte degli Alevadi, sarebbe fatto molto inopportunamente, poichè evidentemente Diodoro anticipa gli avvenimenti del 352. Tuttavia un'ingerenza di Filippo in Tessaglia nei primi anni del suo regno sarebbe in armonia colla politica dei re di Macedonia da Perdicca in poi, e una notizia sporadica di Polieno sembra accennarvi molto chiaramente « Filippo — egli dice (IV, 2, 19) — desiderando di impossessarsi della Tessaglia, non fece palesemente guerra ai Tessali. Ma guerreggiando i Pelinnei coi Farsali, e i Ferei coi Larissei e gli altri seguendo chi le parti di questi e chi di quelli, veniva sempre in soccorso di chi lo chiamava. Vincendo non abbatteva gli sconfitti, non toglieva loro le armi, non abbatteva le mura: alimentava le fazioni più che dissolverle, aveva cura dei più deboli, opprimeva i più potenti, era amico alla parte popolare, carezzava i demagoghi. Con queste arti, non colle armi, Filippo diventò padrone della Tessaglia ». Ora non occorre dimostrare che quest'azione incessante, alternata fra le astuzie e la partecipazione ai dissidi interni colle armi quale ci è rappresentata da Polieno, è di molto esagerata, e proviene in gran parte dalla confusione della guerra condotta dal 352 cogli avvenimenti anteriori. Ma nella notizia di Polieno si contiene senza dubbio qualche dato autentico, poichè il particolare della rivalità di Pelinna con Farsalo e di Fere con Larissa non può assolutamente essere il frutto d'un'escogitazione di questo scrittore. D'altra parte è naturale che in seguito all'ultima spedizione in Tessaglia di Malcito e Diogitone (Plut. *Pelop.* 35), essendo stato il do-

(1) Che la spedizione d'Illirica cada nel 358, non nel 359 si dovrebbe assumere anche se Filippo non fosse asceso al trono nel 360. Infatti, prescindendo dalla considerazione che Filippo guerreggiò contro i Peoni, va notato che Diodoro pone la spedizione di Illirica nell'arcontato di Eucaristo, e riferisce la pace sotto l'arcontato di Cefisodoto 358/7 in stretta connessione con la presa d'Anfipoli (XVI, 8).

Digitized by Google

minio del tiranno di Fere ridotto nei suoi antichi confini, le rivalità sopite tra città e città si ridestarono per essere stato rimosso il pericolo comune (1). Per conseguenza Filippo, che sapeva come dal possesso della Tessaglia dipendeva l'attuazione del suo disegno non ancora fissato nelle linee principali, ma almeno abbozzato, di una posizione prevalente nel mondo ellenico, non poteva rimanere inerte ed indifferente alle vicende del paese vicino. Se non combattè nessuna battaglia, non trionfò su alcuno colle armi e quindi non poteva sopraffare i vinti nè avere occasione di abbattere mura, è naturale che si valesse di clientele locali per estendere la sua sfera d'influenza in Tessaglia. Pertanto la notizia di Giustino, che pone quest'azione di Filippo in Tessaglia prima del 357, in cui Filippo sposò Olimpia madre di Alessandro, trova una conferma nella logica degli avvenimenti; mentre è avvalorata dalla circostanza che Arrideo, figlio di Filippo e della larissea Filinna nel 338 era in età matura per le nozze (2). Le contese di Pelinna con Farsalo, e di Fere con Larissa sono del resto inconcepibili durante la guerra sacra, in cui tutti i Tessali si mostrarono concordi, e non si stenta a trovare le ragioni di questa condotta nell'altitudine del tiranno di Fere.

In questo periodo, in cui comincia l'ingerenza di Filippo nelle cose di Tessaglia, cade con tutta probabilità la sottomissione dei Perrebi di cui parla Isocrate

---

(1) Dal luogo di Polieno (VI, 2, 1) risulta soltanto che Alessandro di Fere al tempo della sua pirateria contro Atene aveva occupato qualche porto di Magnesia; ma se anche l'avesse occupata tutta si dovrebbe ricavare da Diodoro (XVI, 29, 1) che almeno per i successori fosse andata nuovamente perduta.

(2) Un indizio delle relazioni di Filippo con le città della Tessaglia fin dal momento che egli ascese al trono, si potrebbe appunto scorgere nelle nozze o nell'unione naturale contratta con la larissea Filinna prima di sposare Olimpia. Mette conto di riprodurre una testimonianza di Satiro (Athen. p. 557 C-D): « Filippo nel guerreggiare contraeva sempre matrimoni. Nei ventiquattro [suppongo che l'εἴκοσι καὶ δυσί del testo d'Ateneo sia una corruttela derivata da ΚΔ] anni che regnò, come dice Satiro nella sua biografia, avendo sposata l'illirica Audata, ebbe da costei la figlia Cinane (Ath. Κύνναν). Sposò anche Fila, sorella di Derda e di Macata. Volendo poi *stringere a sé* (οἰκειώσασθαι) il popolo tessalico, si procurò prole da due donne tessale, l'una la ferea Nicesipolide, che gli generò Tessalonica, l'altra la larissea Filinna, da cui ebbe Arrideo. Si rese alleato anche il regno dei Molossi, sposando Olimpia, da cui ebbe Alessandro e Cleopatra. . . . ». Poscia Satiro parla delle nozze con Meda, figlia di Cotela re dei Traci (propriamente gli Geti tra l'Emo e il Danubio: l'alleanza di Cotela con Filippo ebbe luogo dopo detronizzazione di Cerroblette nel 342), finalmente con Cleopatra nipote di Attalo. Se in questa enumerazione di Satiro sia rigorosamente osservato l'ordine cronologico, non è dato stabilire con certezza. Ma è notevole che Arrideo il quale nel 338 (Plut. *Alex.* 10) era già in età da nozze, era figlio di Filinna larissea. Con tutta probabilità Arrideo era d'età maggiore d'Alessandro, e così possiamo spiegarsi come Alessandro interpretasse il negoziamento fatto tra Filippo e Pixodaro delle nozze fra Arrideo e la figlia di quest'ultimo, come un'intenzione del padre di designare Arrideo alla successione. Inoltre l'intendimento politico attribuito da Satiro alle nozze con le donne tessale si spiega in un periodo in cui

Digitized by Google

(V, 21) e Teopompo (Athen. p. 259-260 cfr. p. 124 n. 1). Almeno il sistema tenuto da Filippo descrittoci nel luogo di Polieno, corrisponde al metodo tenuto secondo la notizia di Teopompo, il quale attesta che valendosi del penesta Agatocle, suo adulatore, riuscì con l'astuzia a ridurre la Perrebia sotto la sua influenza (1).

XIII. — La Tessaglia sotto Filippo e sotto Alessandro.

Nell'occasione della guerra sacra i Ferei non mandarono truppe insieme agli altri popoli anfizionici. Si è voluto vedere una partecipazione alla lega anfizionica (Beloch II, p. 325, nota 3) nel fatto che i Magneti sono enumerati tra gli alleati. Invece da ciò si ricava soltanto l'autonomia dei Magneti che Plutarco attesta esplicitamente essere stata conseguenza delle due spedizioni tessaliche (vedi p. 128 n. 1). Vero è che Diodoro (XVI, 33) dopo avere detto che Onomarco di alcuni comprò la neutralita, di altri l'alleanza, più specificatamente aggiunge: « Avendo infatti corrotto i Tessali, i quali godevano molta considerazione tra gli alleati, li persuase a stare in pace ». Soccorre a prima vista l'ipotesi di vedere in questi Tessali i Ferei: ma è difficile conciliarla con l'attributo μέγιστον τῶν συμμάχων ἀξίωμα ἔχοντες. La fonte di Diodoro ha ricordato l'opera di corruzione e di disgregazione esercitata da Onomarco: tra i τῶν πολεμίων πολλούς non è improbabile che si trovassero alcuni Tessali, ma che fossero proprio quelli di Fere, è contraddetto implicitamente da Diodoro, il quale poco sopra (ibid. 31, 6) menziona l'espugnazione di Pagase. E Pagase Filippo, può avere espugnata solo quando venne chiamato

---

Filippo non aveva ancora posto piede stabilmente in Tessaglia, poichè allora non aveva bisogno di questi espedienti; nè d'altra parte, avendo sposato Olimpia, la condizione di concubina poteva molto sorridere alla famiglia di queste donne. Giacchè Filinna, malgrado la testimonianza di Tolomeo Agesarco (Ath. o. 578 A), che la chiama saltatrice, e di Giustino (XIII, 2, 11) che la chiama *scortum*, era con tutta probabilità sposa legittima di Filippo, repudiata quando contrasse le nozze con la principessa epirotica, Olimpia (Niese I. p. 191, n. 5). È dubbio invece che l'unione con Nicesipolide cada nello stesso periodo. Da esse Filippo ebbe Tessalonica che sposò Cassandro nel 316 (Diod. XIX, 52), ad avendovi avuti tre figli, si può supporre che la conducesse in moglie in età ancor giovanile. Questa circostanza ci riporta più in giù del 350, forse anche dopo la pace di Filocrate, quando Fere era doventata una piazza di Filippo. Nicesipolide forse non fu mai sposa legittima.

(1) A torto il Böhenecke (*Forschungen* I, 30) collega questa sottomissione dei Perrebi con la spedizione di Tracia nel 352, e poco ci guadagnerebbe la sua tesi con la considerazione che Isocrate adopera il verbo κατέστραπται indifferentemente pei Magneti, Perrebi e Peoni. Il verbo si adatta solo a quest'ultimi: per zeugma si estende anche ai primi. Nel 352 Filippo era alleato dei Tessali, e virtualmente padrone della Tessaglia: onde non aveva bisogno di mandare Agatocle διαφθεροῦντα Περραιβοὺς καὶ τῶν ἐκεῖ πραγμάτων ἐπιμελησόμενον.

Digitized by Google

dai Tessali in aiuto contro il tiranno di Fere. I tiranni di Fere, in seguito alla disfatta dei Tessali ad Argola, raddoppiarono in energia nella loro azione conquistatrice. Allora i Tessali invocarono l'aiuto di Filippo come già altra volta avevano invocato quello di Alessandro II.

Filippo, dopo avere espugnata Metone, si porta subito in Tessaglia e assedia Pagase. Allora i tiranni di Fere chiesero l'aiuto a Onomarco che mandò Faillo; essendo stato costui sconfitto da Filippo, Onomarco stesso venne in aiuto del tiranno di Fere, sconfiggendo Filippo in due battaglie. Ma poichè Onomarco non poteva senza pericolo allontanarsi dal teatro delle operazioni principali della guerra, non potè ritogliere Pagase al presidio lasciato da Filippo: per la qual cosa gli effetti della vittoria andarono frustrati pei tiranni di Fere. Filippo tornò dalla Macedonia con un nuovo e poderoso esercito, e si diresse tosto contro Fere (Diod. XVI, 35). Onomarco venuto in loro aiuto fu sconfitto ed ucciso (ibid), Licofrone e Pitolao costretti a rinchiudersi dentro Fere, furono assediati e poco dopo capitolarono, ottenendo di uscire da Fere che dovettero consegnare a Filippo (ibid: 37) (1). Ma mentre Filippo, che non aveva potuto passare le Termopili difese da un esercito ateniese (ibid. 38), tornato in Macedonia si recò a guerreggiare in Tracia, e poscia in Epiro contro Arriba (2) (Demosth. *Olinth.* 13 e Scholium.), Faillo otteneva grandi successi nella Locride Opunzia, conquistando forti posizioni come Nicea Alponio e Tronio (Diod. XVII, 38).

Sulle ulteriori vicende della guerra sacra siamo poco informati, poichè Diodoro, il quale in forma analistica ha narrato gli avvenimenti sino all'anno 351/50 (XVI, 40) ripiglia l'esposizione del loro corso all' ultimo anno della guerra 347/6 (Diod. XVI, 56). Ma tanto nel 351/0, quando i Tebani sono costretti a domandare denari al gran re, quantunque fosse ancor fresca la memoria dell'aiuto recato al

---

(1) Che Pagase sia stata espugnata dopo di Fere, non è necessario supporlo con lo Schäfer (I, p. 509, n. 2), il quale segue su questo punto il Grote (XI, 10, 365, n. 3). È invece naturale che Filippo s' impadronisce subito del porto di Pagase per prevenirsi da una sorpresa dalla parte del mare. Se a questo primo assedio o a quello posteriore alla sottomissione di Olinto si riferisca l'episodio riferitoci da Polieno (IV, 20), è incerto.

(2) Questa spedizione ebbe luogo nella primavera del 351. Come il Sauppe (*Inscript. Macedon.* p. 18) e il Droysen (*G. des Hell.* I, p. 89, n. 1) Schmidt, *Epeirotica* p. 43 la pongano nel 352, non riesco intendere. Filippo, dopo la presa di Pagase, di Fere, di Magnesia andò in Tracia (Demost. *Olynth* I, 13). Quivi ebbe il tempo di deporre e innalzare principi, di fare un colpo su Olinto, poi ammalò (Demosth. *ibid.*). Ma prima di ammalare, Filippo aveva assediato Ἡραῖον τεῖχος, e ne venne la notizia nel mese di Memacteriore (Demosth. *Olynth.* III, 4), cioè a novembre. La stessa malattia avrà ritardata almeno di un mese le operazioni: dove si trova il margine per una spedizione in Epiro?

Digitized by Google

satrapo ribelle Artabazo, quanto nel 347/6, in cui i Tebani prima vincitori a Iampoli, furono poi disfatti a Coronea, non si parla di nessun intervento dei Tessali. Il silenzio non può essere attribuito solo alla negligenza di Diodoro, se abbiamo riguardo all'esplicita testimonianza di Eschine (II, 139-140), che al tempo della terza ambasceria — al consesso anfizionico — i Tessali si erano uniti a Filippo per eseguire il decreto anfizionico contro i Focesi, cioè dopo la pace di Filocrate. Oltracciò nell' ultimo anno della guerra Faleco, il duce focese, (Aesch. II, 132, 138) teneva ancora Nicea Alpono e Tronio nella Locride, già conquistate da Faillo nel 351 (Diod. XIII, 38); ciò fa pensare che da parte del Nord non avessero avuto a temere molestie. Tutto così porta a credere che in Tessaglia fossero ricominciati i torbidi, ed un segno l'abbiamo nel fatto che al tempo in cui si negoziava la pace di Filocrate (346), Parmenione generale di Filippo, teneva assediata Alo (Dem. XIX 320) la cui ostilità contro Filippo è in stretta relazione con la restaurazione di Pitolao nella tirannide di Fere (cfr. p. 131 n. 1).

Ma i Focesi erano ormai esauriti e, specialmente dopo la morte di Faillo, gli insuccessi, benchè riparati, contro i Beoti, li mettevano in ben altre condizioni che da tentare l'offensiva in Tessaglia; malgrado che i tiranni spodestati incitassero certo a quest'azione audace. Così Filippo potè conservare il suo dominio su Pagase, Magnesia, dove pose presidii (Demosth. *Olinth.* II, 16; Iocr. *Phil.* 20), promettendo di restituirla ai Tessali a tempo opportuno, sui Perrebi (Isocr. ibid), su Fere. Che i Tessali s'acconciassero subito a questa supremazia di Filippo, lo afferma Diodoro (XVI, 14); ma dalle fonti contemporanee risulta il contrario. Possedendo Filippo il porto di Pagase e la penisola di Magnesia, erano sequestrati completamente dal mare; sicchè, quando sembrò impossibile la restaurazione dei tiranni di Fere, cominciò a manifestarsi il malcontento e a esternare l' intendimento di richiedere a Filippo, Pagase e Magnesia (Demost, *Olinth.* I, 22; II, 21; Swoboda o. c. p. 207). Quando Filippo assediava Olinto si fece sempre più vivo in Tessaglia il desiderio di ricuperare i paesi tenuti dalle guarnigioni macedoni, essendo naturale che cercassero sfruttare gli imbarazzi di Filippo. Ma era vano sperare un'azione concorde: gli interessi delle varie città non erano sempre identici, e la fazione che sperava colla distruzione dell'autonomia il proprio incremento, era sempre abbastanza forte per neutralizzare ogni tentativo di coalizione. Così l'ambasciata ateniese proposta da Demostene (*Olinth.* II, 14), per sollevare la Tessaglia, o non fu mandata o non ebbe alcun effetto. Intanto Pitolao, forse l' unico superstite dei tre fratelli che avevano perpetrato l'eccidio di Alessandro di Fere, profittò degl' imbarazzi di Fi-

Digitized by Google

lippo, costretto all' inazione, per fare un colpo di mano su Fere e ricuperare la perduta sovranità (1). Evidentemente Pitolao aveva raggiunto un fine abbastanza soddisfacente col consolidare il potere, perchè potesse avere la velleità di ricominciare la politica espansiva; ma non riuscì a conservarsi a lungo nel principato. Appena Filippo ebbe debellato Olinto, e assicurate le cose della Calcidica, tornò in Tessaglia e cacciò nuovamente il tiranno di Fere, ristabilendo in questa città il presidio macedonico. Nello stesso tempo stimò prudente di riguadagnare gli animi dei Tessali che in seguito al suo procedimento troppo dispotico si erano alienati, restituendo loro Magnesia e aggiungendo ai loro possessi Nicea nella Locride (Demosth- Phil. II, 22).

Dopo la pace di Filocrate, in cui i Tessali ricuperarono il primo posto nell'anfizionia, il prestigio di Filippo e la sua popolarità aumentarono considerevolmente. L'annessione immediata della Tessaglia alla Macedonia non sarebbe stata impresa senza pericolo, e quindi non era desiderabile per Filippo (2); ma egli trovò il modo in cui, pur rispettando le autonomie locali, potè avere sempre una azione sui destini della Tessaglia, e si fece conferire un'autorità suprema, che almeno

---

(1) (Cfr. Diod. XVI, 52, 9). La notizia merita fede, e quindi non divido il dubbio del Beloch (o. c. II, p. 502. n. 6) che in Diodoro ci sia un errore. Diodoro pone la cacciata di Pitolao nell'arcontato di Callimaco 349/8: ma la data è troppo alta. Non c'è dubbio che la marcia contro Fere abbia avuto luogo dopo l'espugnazione di Olinto. Bisogna mettere in relazione, come fa lo Schäfer (II 281) il luogo di Demostene XIX, 320 con quello di Diodoro XVI, 56, 2. Demostene, dopo avere accennato (§ 319) alla morte di Onomarco e all'opposizione fatta dagli Ateniesi a Filippo presso le Termopili (Diod, XVI, 37), prosegue: « sapeva chiaramente secondo il mio avviso, che, quando in Tessaglia vi era discordia e i Ferei non lo seguivano, mentre i Tebani erano stati vinti in battaglia e si era innalzato un trofeo dalle loro armi, non sarebbe stato possibile andare avanti, se voi foste accorsi ». Diodoro nel passo citato sotto l'arcontato di Temistocle (347/6) registra la sconfitta Tebani a Coronea e la condanna di Faleco, quindi (§ 58), la domanda d'aiuto fatta dai Tebani a Filippo. Siccome sotto l'arcontato di Archia registra erroneamente la fine della guerra Focese, è chiaro che il tempo in cui i Ferei non seguivano Filippo è il principio dell'estate del 346. Se allora Pitolao era stato cacciato da Fere, continuava certo ancora a resistere. Ora era Alo assediata da Parmenione poco prima della pace di Filocrate (Demosth. Ibid., 163), e la connessione di questo assedio con la resistenza dei Ferei è innegabile. Pitolao adunque solo da poco era stato espulso da Fere. Se la distruzione di Tricca e di Farcadona sia un episodio dell' ultima fase di questa guerra (Diod. XVIII, 56) è dubbio: ma fuori d' ogni dubbio parmi che non si possa porre nel primo momento dell' ingerenza di Filippo in Tessaglia, quantunque lo Swoboda (o. c. p. 207, n. 27) dica ritenga « ist nichtl zu entscheiden ».

(2) L'espressione di Demostene « .... Θετταλοὺ πολλὰ κοὺς ὑπηγάγετο εἰς τὴν νῦν παροῦσαν δουλείαν » (VIII, 62) è tendenziosa e avvocatesca. Cfr. p. 108.

Digitized by Google

sotto il punto di vista militare corrispondeva all'antica e indigena tagia (1). L'esperienza aveva dimostrato quanti germi di disgregazione esistevano nell'antica compagine del κοινόν, in cui le rivalità dinastiche tendevano sempre più a indebolire i benefici effetti della confederazione: la supremazia d'un sovrano straniero, contro il quale non poteva venire in mente ad alcuno di gareggiare, sopiva tutte le gelosie, e nello stesso tempo riusciva più tollerabile, perchè un'ingerenza nelle faccende interne non era da temere, quando fosse assicurata la fedeltà incondizionata, Ma è chiaro che questo nuovo stato di cose esigeva qualche ritocco nella struttura politica del paese. A questo, Filippo non si potè accingere subito, poichè nel nord avvenivano nuove complicazioni. Egli si dovette impegnare in una guerra contro gli Illiri (2), dalla quale riuscì vittorioso: poscia tornò in Tessaglia e dette

---

(1) Cfr. Beloch o. c. II, p. 332 sq. A pag. 533 nota, dice che Filippo fu nominato ἄρχων della confederazione tessalica come il supremo capo del κοινόν, organizzato dopo l'intervento di Tebe nelle cose della Tessaglia (cfr. ancora Kärst *Gesch. der hellen. Zeitalters* I, p. 182, n. 1). Tuttavia, se negli effetti l'autorità di Filippo era quella di un sovrano della Tessaglia, dubito molto che la figura giuridica dell'istituzione vi equivalesse perfettamente. Senza dubbio la Tessaglia al tempo della spedizione d'Alessandro appare più strettamente legata alla Macedonia che gli altri paesi della Grecia. Per esempio la cavalleria tessala è distinta dalla cavalleria alleata come si ricava da Arriano (I. 14, 3) . . . . « τοῦ δ' εὐωνύμου πρῶτον μὲν οἱ Θετταλοὶ ἱππεῖς ἐτάχθησαν, ὧν ἡγεῖτο Κάλας ὁ Ἀρπάλου, ἐπὶ δὲ τούτοις οἱ ξύμμαχοι ἱππεῖς, ὧν ἦρχε Φίλιππος ὁ Μενελάου. . . . . e più caratteristico il seguente (VII, 12, 2). Κρατέρῳ δὲ τούτοις ἄγειν ἐκέλευεν καὶ ἀπαγαγόντι Μακεδονίας τε καὶ Θρᾴκης καὶ Θετταλῶν ἐξηγεῖσθαι καὶ τῶν Ἑλλήνων τῆς ἐλευθέρας (Così va emendato l' ἐλευθερίας dei codici che non dà senso, e inteso come un genitivo di pertinenza di τῶν Ἑλλήνων). Ma questa diversità di relazioni della Tessaglia con tutto il resto della Grecia costituisce una nuova fase dell'egemonia macedonica, affermatasi soltanto ai tempi d'Alessandro, e forse per ragioni militari. Dal seguente luogo di Diodoro non si ricava che l'ἡγεμονία sulla Tessaglia fosse essenzialmente diversa da quella inerente alla qualità di στρατηγὸς αὐτοράτωρ con cui Filippo era stato salutato (Diod. XVI. 89, 91; Iustin. 9, 4) a Corinto: XVII, 4, cfr. Droysen *Gesch. des Hellenismus* I, 1, p. 108, n. 2, il quale mette in confronto col luogo di Diodoro quello di Giustino XI, 3, 2 « Exemplo patris dux universae gentis creatus erat et vectigalia omnia reditusque suos ei tradiderunt », e pure ammettendo che da quest'ultima testimonianza si ricaverebbe che l'autorità d'Alessandro rassomigliasse all'antica tagia, non si pronunzia apertamente in favore di questa ipotesi, malgrado la conferma che potrebbe venirle dall'elenco dei *Thetaliorum reges* di Eusebio. Qualche analogia presenta la posizione di Filippo in Tessaglia con quella di Tolomeo Evergete che, alleato degli Achei nel 241, ebbe l'ἡγεμονία delle forze terrestri e marittime (Polyb. II, 43, 5; Plut. *Arab.* 24), e di Attalo che nella guerra contro Filippo V ebbe nel 209 il supremo comando delle forze militari, come si ricava da Livio (XXVII, 29, 10) che s'esprime inesattamente: « Attalum quoque regem Asiae, quia Aetoli summum gentis suae magistratum ad eum proximo concilio detulerunt ».

(2) Lo Swoboda o. c. p. 208, n. 38 ha cercato di tornare nuovamente in onore l'antica idea che Filippo due volte introducesse in Tessaglia una riforma costituzionale, una volta in cui avrebbe introdotto in ciascuna città le decadarchie, fondandosi sul luogo di Demostene *Philip.* II, 22; l'altra le tetrarchie (III, 26), come già aveva sostenuto il Böhnecke (*Forschungen* p. 435) lo Schäfer (o. c. II, 346-430), il Foucart (*Revue de Philologie* 23, 108 sq), e implicitamente Felix Selähelin (*Lehmann's Beiträge* V, 1,

Digitized by Google

un assetto al paese. Una riforma che sconvolgesse del tutto il riordinamento tradizionale non era richiesta, e sarebbe stato grave imprudenza tentarla, quando ciò non avevano osato fare neanche i Tebani nel 334, Si trattava all' incontro di disciplinare stabilmente un ordine di cose poggiato dalla tradizione, mediante un sapiente lavoro di adattamento. Abbiamo già visto che talune città erano riuscite ad acquistare una posizione preminente sopra le altre circonvicine, e che a una perfetta unificazione cantonale non si era mai riusciti, perchè nella stessa tetrade vi erano centri, se non della stessa importanza, almeno tali che una decisa superiorità

---

p. 70 e nota), il quale per l' instituzione delle tetrarchie cita solo Demostene Phil. III, 26. È ben noto che il Beloch (*Griech. Gesch.* p. 533 nota) aveva accolta la congettura del Reiscke che aveva supposta la corruttela di Δ̄ ΑΡΧΙΑΝ in ΔΕΚΑΔΑΡΧΙΑΝ, appoggiandosi alla testimonianza di Arpocrazione: « Filippo tuttavia presso i Tessali non istituì le decadarchie come è scritto nella sesta filippica di Demostene, ma le tetrarchie ». La ragione portata dallo Schäfer e trovata buona dallo Swoboda è che Teopompo tratta della spedizione in Epiro nel 43° libro; delle tetrarchie in Tessaglia nel libro 44°. Il Beloch o. c. l. c. obietta che dell'economia dei libri di Teopompo non conosciamo nulla, e che nessuna garanzia abbiamo riguardo all' integrità della tradizione diplomatica. La prima ragione è senza dubbio la più calzante, e ognuno che abbia familiarità coi libri di Giustino, deve convenire quanto sarebbe pericoloso appellarsi alla successione dei libri per stabilire la cronologia; ma anche la seconda ha il suo peso; infatti, se difficilmente può esservi dubbio che il frammento riguardante le tetrarchie era compreso nel libro 44° (fr. 234 = Harpocrat. τετραρχία), poichè nel 44° libro è compreso anche il frammento 235, (Aten. VI, p. 249, c. d) che si riferisce pure a Trasideo il monarca Tessalo, è pur vero che, se anche il fr. 228 (= Harp. Ἐλάτεια dove è citato nei nostri testi espressamente il 43° libro) si presta a collocare la marcia contro l' Epiro, nel 43° libro, la molteplicità degli argomenti toccati da Teopompo, che trattava di tante cose estranee all' Epiro, ci deve rendere peritosi contro ogni induzione che presupponga l' integrità del testo. Per rinfiancare la dimostrazione della nostra tesi, prendiamo per un momento in esame il corso degli avvenimenti quale ci è rappresentato da Diodoro. Egli (XVI, 69) narra la spedizione illirica nell' arcontato di Licisco (344/3): quindi dice che Filippo tornò in Macedonia; « dopo ciò venuto in Tessaglia e avendo cacciati i tiranni dalle città, si propiziò i Tessali colla sua benevolenza ». La spedizione epirotica la presuppone nell'anno 342/1 sotto l'arcontato di Sosigene (XVI. 62). La data di Diodoro può anche essere erronea come ritiene il Beloch (o. c. II, p. 543, n. 3); ma se le considerazioni dell' illustre storico possono valere ad anticiparla, da ciò non deriva la necessità di alcuno spostamento. Infatti Trogo Pompeo stabilisce questa legge di successione (Prolog. VIII): spedizione Illirica, spedizione in Tracia ed in Tessaglia, elevazione di Alessandro dopo la cacciata di Arriba (Iustin. VIII, 6), accordandosi con Diodoro (XVI, 71) nel porre la spedizione tracia prima della spedizione epirotica (l'errore si spiega perchè nella fonte la spedizione di Filippo era narrata dopo le operazioni di Cersoblette che la occasionarono). Poco valore ha inoltre la obbiezione dello Swoboda che non si concilia coll'istituzione delle tetrarchie l'ambasceria mandata dagli Ateniesi nel 344/3 in Tessaglia (*Schol. ad Aesch.* III, 83); poichè anche nel 424 gli Ateniesi mandarono Aminia a Farsalo collo stesso scopo. La lezione volgare δεκαδαρχίαν era andata incontro all'obiezione dell' uso strano del singolare, che sarebbe stato regolare solo ove una sola decadarchia avesse dominato su tutta la Tessaglia. Lo Swoboda (o. c. p. 209 n. 40) dice che l' osservazione è troppo rigorosa, poichè altrettanto si potrebbe dire dell'espressione καὶ τετραρχίας κατέστησε invece che τετράρχους κατέστησε. Ma quest' ultimo uso è perfettamente greco, come τὴν βουλὴν κατέστησε invece che τοὺς βουλευτὰς κατέστησε (Aristot. A. II. 21, 1).

Digitized by Google

dell'uno non fosse tanto facilmente riconosciuta e tollerata. Ma in questo periodo la via era stata molto facilitata: Crannone non poteva più pensare a rivaleggiare con Larissa: Fere che era la più temuta e pericolosa, era diventata ormai la piazza forte di Filippo (1). Pertanto era agevole dare sanzione definitiva a una struttura cantonale in cui le tetradi si potevano rassomigliare a principati vassalli del regno di Macedonia. Negli ordinamenti militari questo sistema era regolarmente praticato, essendo prima a un tetrarca, poscia a un polemarco affidato il comando del contingente di truppa fornita dalla tetrade. Filippo risuscitò con accezione più ampia e più definita la denominazione τετράρχης, che equivaleva a principe d'un cantone chiamato tetrade o tetrarchia, secondo la terminologia tradizionale. Se i confini politici di queste tetrarchie rimanessero inalterati, oppure Filippo avesse proceduto a nuove delimitazioni richieste dalle condizioni del paese ai suoi tempi, non siamo in grado di stabilire, con certezza, poichè le fonti sono così scarse di indicazioni, e ogni congettura si potrebbe enunciare: onde tanto vale non enunciarne nessuna. Questo è certo che Filippo si comportò senza scrupoli, eliminando quelli della nobiltà che egli aveva esperimentato o prevedeva che non si sarebbero rassegnati a una posizione subordinata: così non sollevò all'onore di

---

(1) Qualche oscurità involge la storia delle relazioni di Filippo con Fere in questi anni. Demostene (VIII, 59), illustrando la condotta astuta di Filippo nell'anno 341, dice « Egli dirà di non voler portar guerra a voi, a quel modo che diceva di non voler portare guerra agli Oreiti [Oreo era stata occupata da Parmenione che vi aveva instaurato il tiranno Filistide nel 343, come si rileva da Demostene XIX 87, 204, 326, 334; Beloch. G. G. II, p. 512 n. 1], quantunque il suo esercito si trovasse già nel loro territorio, nè prima ai Ferei, nè in principio (ἐξ ἀρχῆς) agli Olintii, mentre aveva già l'esercito nel loro territorio » (= X, 61). E altrove, nello stesso anno, accenna alla medesima serie di avvenimenti (IX, 12) « Ed occupò non è molto (πρώην) Fere, essendovi venuto come amico, e finalmente ai miseri Oreiti diceva di aver mandato per motivo di benevolenza i soldati, volendo venire in loro soccorso ». [La lezione ἀπισκεψόμενος è preferibile all'altra ἀπισκεψομένους: pel significato cfr. Westermann — Rosenberg *not. ad loc.*]. Nel discorso di Egesippo per l'isola di Alonneso ([Demosth.] VII. 32) troviamo esposte le gesta di Filippo in quest'ordine: « . . . . ai Ferei ha tolta la città ed ha posto un presidio nell'acropoli, affinchè siano autonomi, marcia contro Ambracia, e Pandosia, Boucheta ed Elatea, colonie degli Elei, consegnò ad Alessandro, suo cognato, dopo aver devastato il territorio e fatta violenza alle stesse città ». Quest'ultimo luogo in cui la marcia contro Fere è accennata prima della spedizione epirotica, che ebbe luogo nel 343, serve di commento a VIII, 59 e IX, 12, in cui l'ordine di enumerazione « guerra olintica — assoggettamento di Fere » — « assoggettamento d'Oreo » corrisponde certo all'ordine di successione. Fere adunque sembra aver goduta d'una certa libertà, dopo la seconda cacciata di Pitolao. Ma al tempo della seconda ambasceria ateniese per la pace (Dem. XIX, 158) Fere era in potere di Filippo. È probabile quindi che subito dopo la conclusione della pace egli rendesse a Fere la sua autonomia, e che gliela ritogliesse poco prima della spedizione epirotica. Il πρώην di IX, 12 non va preso alla lettera. Forse si temeva qualche colpo degli amici e fautori del tiranno Pitolao: Filippo simulò di venire a proteggerla, e non tolse più il presidio.

Digitized by Google

tetrarca l'alevade Simo, che era stato uno dei più caldi fautori del suo intervento nel 352, (Demosth. XVIII, 48), conferendo invece questo onore a Trasideo (ibid. § 295). A Farsalo restituì il potere alla stirpe degli Aparidi, nominando tetrarca Daoco II, figlio di Sisifo (1). L'autonomia degli stati Tessali non era finora un'*imago sine re*: tanto è vero che un anno prima della battaglia di Cheronea i Tessali erano pienamente liberi di non associarsi a un' impresa militare che Filippo volesse condurre. « Se a causa di una propria inimicizia — dice Demostene (XVIII, 147) — avesse cercato di persuadere i Tessali e i Tebani a marciare contro di voi, egli non poteva sperare che gli avrebbero dato ascolto: ma se egli, prendendo pretesto dai loro stessi interessi, fosse stato eletto duce, confidava di riuscirci parte con l' inganno, parte con la persuasione ».

Quindi l'oratore prosegue presentando a modo suo le origini della guerra sacra bandita contro Anfissa, e duce di questa nella sua prima fase fu difatti un Tessalo, Cottifo di Farsalo (cfr. Demosth. ibid. 151; Aesch. III, 124, 128). Ma in questa occasione certamente Filippo ristabilì un presidio a Nicea, che aveva resa ai Tessali dopo la definitiva cacciata dei tiranni di Fere (cfr. n. 104 ter.). Queste misure di Filippo suscitarono necessariamente dei malcontenti, che Atene cercò di sfruttare nell' ultima guerra contro di lui (2). Pertanto nell' anno 343/2 gli Ate-

---

(1) Demostene (XVIII-295) nomina solo Daoco, Cinea e Trasideo. L'omissione del quarto tetrarca si deve una ragione di euritmia e di simmetria, poichè nell'enumerazione vi sono quattro gruppi di tre nomi ciascuno, quello dei Tessali: Daoco, Cinea e Trasideo; quello degli Arcadi: Cercida, Ieronimo ed Eucampida; quello degli Argivi: Mirtide, Teledamo, Menasea; quello degli Elei: Euxiteo, Cleotimo, Aristemo; e a questa esigenza retorica ha l'oratore sagrificato il quarto personaggio, forse il più incoloro? Oppure due tetradi furono riunite sotto un solo signore? Daoco sappiamo che era tetrarca di Farsalo e Trasideo per l'omonimia col contemporaneo delle guerre persiane può essere un Alevade. Nulla sappiamo di Cinea, e se anche qualche peso si dovesse attribuire all'omonimia con quel Cinea che venne in aiuto di Ippia (Herod, V. 63), per le notizie scarse intorno a questo personaggio, non avremmo da ciò elementi per una maggiore determinazione. Non è difficile che l'Acaia Ftiotide, pure essendo considerata come una tetrarchia a sè, fosse annessa al dominio di Daoco che risiedeva a Farsalo. È certo che su Alo, città dell'Acaia Ftiotide, accampava diritti di sovranità Farsalo cui fu aggiudicata da Filippo verso il tempo della pace di Filocrate (Dem. XI, I; XIX, 36). Sorge la questione se le dodici vacche di bronzo Φράδμονος ἔργον, καὶ πᾶσαι γυμνῶν σκῦλον ἀπ' Ἰλλυριῶν (Anthol. Palat. IX, 73) rappresentino dodici città, e in tal caso, se in questo numero vi sia un indizio delle tetrarchie (Swoboda o. c. p. 212 e sq). Ma anche la costituzione etrusca risultava da una confederazione di dodici città (Liv. IV. 23, V, 33), che il Freemann (o. c. p. 562 n. 3) giustamente ravvicina alle dodici tribù della Palestina e alla dodecapoli ionica: sicchè è ben difficile dimostrare una connessione del numero dodici col sistema tetrarchico.

(2) La questione se quest'ambasceria condotta proprio nel 342 (C I A IV, 2, 114 c.) avesse per effetto la lega di cui parla Demostene a XVIII, 237 e Plutarco in *Demosth.* 17; Eschine III, sq. e seguito, come crede il Beloch. *Attische Politik.* p. 367 sq.; *Griech. Gesch.* II, p. 544, n. 3; Rudolf,

Digitized by Google

niesi mandarono in Tessaglia e in Magnesia un'ambasceria per provocare la rivolta (Cfr. p. 136, n. 2). Ma la costituzione fondata da Filippo aveva messo radici così forti che ogni tentativo pel momento riuscì vano. Quando Filippo effettuava la spedizione di Tracia nel 342 (VIII, 2 « . . . . τῆς στρατείας. ἦν ἐνδέκατον μῆνα τουτονί ποιεῖται, cfr. Dionys. *Ad Amm.* I, 10; Beloch, *Griech. Gesch.* II, p. 543, n. 3) chiedeva rinforzi di truppe non solo in Macedonia, ma anche in Tessaglia (Demosth. *ibid.* § 14); e finalmente a Cheronea (Schäfer II, 562) (1) la cavalleria tessalica combattè nell'esercito macedonico. Ancora una volta dopo la morte di Filippo sembra che qualche ombra oscurasse i rapporti fra la Macedonia e la Tessaglia: quando in seguito alla morte di Filippo stava per formarsi una nuova coalizione di tutti gli stati greci, e la Macedonia era minacciata dal nord

---

von Scala, *Staatsverträge* p. 214; o se il fascio delle forze elleniche contro Filippo fosse l'effetto d'una nuova propaganda come crede lo Schäfer II, p. 486 sq.; Kärst. *o. c.* I, p. 184. u. 5, è per noi indifferente. Le due opinioni mi pare che possano conciliarsi ammettendo una continuità d'azione e un'assiduità tenace da parte di Demostene, di guisa che nel 340 circa si ottenne di superare tutte le titubanze e le incertezze, soprattutto in seguito all'esempio di stati che entravano in alleanza con Atene.

(1) Quantunque nelle notizie che abbiamo intorno allo svolgersi del combattimento (Diod. XVI, 85; Plutarch. *Demosth.* 17) non troviamo menzionati i Tessali nell'esercito di Filippo, si deve desumere che la loro cavalleria formasse un considerevole contingente delle forze del re di Macedonia dalla condotta tenuta nel periodo precedente la battaglia, poichè la guerra sacra contro Anfissa fa parte integrante di questo ciclo d'avvenimenti che condusse alla soluzione del conflitto. Cf. Philoch. p. 135 = Dionys. *Ad Amm.* I. 1 p. = Didym. col. 11, l. 43. A indebolire troppo i legami d'amicizia tra Filippo e i Tessali non valse che egli tenesse con un corpo di truppa occupata Nicea, perchè, come apprendiamo da una testimonianza di Didimo, che viene in buon punto a completare il fr. 135 di Filocoro, il presidio macedonico era stato posto col fine di assicurarsi da un'eventuale rivendicazione da parte dei Tebani, ai quali Nicea aveva appartenuto prima della guerra sacra (Aesch. III, 140; Demost. XI, 4; Beloch *Griech. Gesch.* II, p. 555). Filocoro (apud. Didym. ibid. lin. 38-50) ci dice che Filippo avendo occupato Elatea e Citinio, mandò come ambasciatori a Tebe Tessali, Eniani, Etoli, Ftioti e Dolopi a chiedere di consegnare contro la deliberazione degli anfizioni ai Locresi (lin. 44-45 Νίκαιαν Λοκροῖς παραδιδόναι παρὰ τὸ δόγμα τὸ τῶν ἀμφικτυόνων) Nicea, che i Tebani avevano occupata mentre Filippo era impegnato nella spedizione scitica. Lo Stâhelin (*Lehmann's Beiträge* V, 1, p. 70-1) suppone nel testo di Didimo un errore di scrittura, Λοκροῖς invece di Θετταλοῖς, e accetta la correzione del Blass di παρὰ τὸ δόγμα in κατὰ τ. δ. Ma l'errore si dovrebbe supporlo ripetuto, poichè Λοκροῖς si trova anche a lin. 38. Bisogna ben considerare che l'ambasciata, cui allude Filocoro, non può essere diversa da quella mandata da Filippo a Tebe per fare ancora un ultimo tentativo di mantenersi la sua alleanza, accennata nello stesso frammento di Filocoro (235), da Demostene (XVIII. 211, sq.), da Diodoro (XVI, 84, 2), da Plutarco (*Demosth.* 18). È certo adunque che Filippo voleva tentare le vie della conciliazione; onde passando sopra alla violazione della pace fatta in sua assenza, egli si mostrò disposto a una concessione: che Nicea non tornasse ai Tessali, ma fosse data ai Locresi, ai quali spettava per ragioni etnografiche e che non erano tanto forti da suscitare gelosie; malgrado che nell'assemblea anfizionica (forse dell' ὀπωρινὰ πυλαία del 346) fosse stata aggiudicata ai Tessali. Ma avendo Tebe abbracciata la causa d'Atene, la cessione di Nicea ai Locresi non ebbe effetto.

Digitized by Google

e il contegno di Attalo in Asia (Diod. XVIII, 3) era quello di un ribelle al nuovo signore, anche in Tessagiia prevalse una corrente ostile al dominio macedone. I particolari di questa sommossa non sono noti, e nemmeno le cause, che ci dobbiamo contentare di assegnare alle correnti particolaristiche non mai del tutto paralizzate. Sta il fatto che Alessandro dovette scendere con l'esercito in Tessaglia e forzare la valle di Tempe: dopo essersi reso padrone della zona che comprende il monte Ossa, non trovò più seria resistenza (1); e tutta la Grecia smise dalla sua attitudine bellicosa, tanto che Alessandro potè condurre le spedizioni nella Tracia, nella Peonia, nell' Illiria (2) (Diod. XVII, 8; Arr. I, 1-6). Poscia quando, essendosi sparsa la voce che Alessandro era perito contro gl' Illirî (Arr. I, 7), Tebe si ribellò, Alessandro potè passare liberamente in Tessaglia movendo da Pelinna nella sua marcia contro Tebe (Arr. I, 5, 7 b). Se avessero luogo tentativi di agitazioni in Tessaglia al tempo della sollevazione di Agide, che finì con la sua

---

(1) Cfr. Polyaen. IV, 23 « Tenendo i Tessali la valle di Tempe, Alessandro, dopo aver scavato all' intorno le rupi a picco dell'Ossa, e accostato ad esse delle scale, coi suoi Macedoni potè ascendere alla sommità, ed asceso l'Ossa, fu padrone della Tessaglia. I Tessali custodivano i passi della valle di Tempe. Ancora oggi attraversando la valle di Tempe si possono vedere le rupi dell'Ossa disposte a guisa di scalinata, e le chiamano "scala d'Alessandro „ ». È possibile, anzi quasi certo, che l'escogitazione dello stratagemma d'Alessandro sia stata suggerita dal nome ἡ Ἀλεξάνδρου κλίμαξ; ma che la notizia sia tutto un prodotto del mito eziologico, è oltremodo improbabile (Droysen I², p. 107, n. 2). Il contesto delle esposizione diodorea (XVII, 3-4) non lascia dubbio che i Tessali prendessero parte all'insurrezione generale, poichè Diodoro, dopo aver enumerato i popoli che presero parte alla riscossa — τῶν δ' ὑπεροικούντων τὴν Μακεδονίαν ἐθνῶν οὐκ ὀλίγα πρὸς ἀπόστασιν ὥρμα (§ 3) —, dice che οὓς μὲν γὰρ πειθοῖ διὰ τῆς ὁμιλίας προσηγάγετο, οὓς δὲ φοβῷ διωρθώσατο, τινὰς δὲ βίᾳ χειρωσάμενος ὑπηκόους ἐποιήσατο (ibid.). Quindi riferisce, che avendo ricordato ai Tessali l'antica parentela per parte di Herak'es, parte con belle parole, parte con grandi promesse li indusse a concedergli per deliberazione del κοινόν la sovranità trasmessagli dal padre (τὴν πατροπαράδοτον ἡγεμονίαν) [Il τῆς Ἑλλάδος che segue ritengo un' interpolazione, poichè non era dai Tessali che potesse reclamare la sovranità su tutta la Grecia: l'atetesi, già proposta da qualche critico da circa un ventennio, è stata accolta dall' ultimo editore di Diodoro].

(2) Nella nota prima a p. 136 abbiamo accennato alle 12 vacche di bronzo, opera di Fradmone, che i Tessali avrebbero consacrate in memoria di una vittoria contro gl' Illiri. Giustamente lo Swoboda (o. c. p. 202) rileva che i Tessali possono aver combattuto contro gl' Illiri soltanto come alleati dei Macedoni. Lo stesso critico (ibid. p. 211) si limita a stabilire come *terminus a quo* la vittoria di Parmenione. A me sembra che si debba scendere anche più in giù, e si debba escludere la spedizione di Filippo contro gl' Illiri cui accenna Diodoro (XVI, 69; 7) e Trogo Pompeo (Prolog. VIII, Iustin. VIII, 6, 3). attesochè la spedizione avrebbe avuto luogo quando in Tessaglia non era ancora ben fondata la potenza di Filippo. La partecipazione dei Tessali ebbe luogo o nell' ultima spedizione di Filippo (Curt. VIII, 1, 25; Diod. XVI, 93, 6) o sotto Alessandro (Arr. *Anab.* I, 6, 5).

Digitized by Google

morte sotto le mura di Megalopoli nel 331, non è certo: almeno dal linguaggio delle nostre fonti è difficile ricavare (1).

XIV. — La Tessaglia dalla morte d'Alessandro alla fine della guerra sociale.

Quando giunse la notizia della morte d'Alessandro in Babilonia e avvenne in Grecia l'insurrezione capitanata da Leostene, anche la Tessaglia partecipò a questo movimento che è conosciuto sotto il nome di guerra lamiaca; ma non immediatamente, poichè sulle prime rinforzò l'esercito d'Antipatro e passò dopo alla parte dei ribelli (2). Il significato politico di questa diserzione non va disconosciuto, ma neanche esagerato. Che in Tessaglia vi fosse un partito tendente alla politica centrifuga, e che questo fosse pronto alla prima occasione a una levata di scudi, nè solo tra le infime classi, non v'è bisogno di dimostrare. A capo della cavalleria tessalica, che combatte insieme coi Greci alleati contro Antipatro e Leonnato,

---

(1) Per la data della sollevazione di Agide, accetto come tutti gli storici moderni, le conclusioni del Niese (I, p. 497 sq), che la colloca prima della battaglia d'Arbela. Cfr. ancora Kärst, o. c. p. 319, n. 1. Una partecipazione dei Tessali a questo movimento sarebbe arrischiato ricalvarla dalle parole di Giustino, XII, 1, 7, « Namque post profectionem Alexandri Graecia ferme omnis in occasionem reciperandae libertatis ad arma concurrerat, auctoritatem Lacedaemoniorum secuta. . . . . », e per il carattere generico del cenno, e per la qualità della fonte. Eschine (III, 165) menziona tra i fautori di Agide solo gli Elei, gli Achei, ad eccezione dei Pellenei, e gli Arcadi, e meno completamente Dinarco (I, 34) solo gli Elei e gli Arcadi; di guisa che il movimento rivoluzionario secondo le fonti contemporanee non parrebbe essersi propagato oltre il Peloponneso (Arr. III, 6). Una rivolta dei Tessali è stata inferita dal cenno di Eschine in cui riporta le parole di Demostene (III, 167) ὁμολογῶ τὰ Λακωνικὰ συστῆσαι, ὁμολογῶ Θετταλοὺς καὶ Περραιβοὺς ἀφιστάναι (Kärst, *ibid.* fine di nota). Ma prescindendo dalla considerazione che Eschine smentisce Demostene, la differenza del tempo nei due infiniti basta a mostrare la diversità degli effetti della propaganda rivoluzionaria che Demostene volea rivendicare all'opera sua. Se l'azione avesse ottenuto il suo effetto, Demostene avrebbe detto ἀποστῆσαι, a quel modo che ha detto συστῆσαι per l'organizzazione del movimento rivoluzionario nel Peloponneso.

(2) Cfr. Hyper., IV, col. 5, l. 31 sq. « . . . . si rese alleati i Trespoti, i Focesi, gli Etoli e tutti gli altri che erano colà. . . . ». La defezione dei Tessali non sembra avvenuta nel primo momento, poichè, quantunque Diodoro a XVIII, 11 (= Paus. I, 25, 4) dica che aderirono all'alleanza συνέθεντο τὴν συμμαχίαν) tutti i Tessali, salvo i Pelinnei, gli Etei eccetto gli Eracleoti, gli Achei Ftioti, eccetto i Tebani, altrove (XVIII, 12), in contraddizione con quanto avea detto sopra, afferma: « I Tessali essendo sulle prime alleati di Antipatro, gli mandarono una numerosa scolta di cavalleria: ma poscia, invitati dagli Ateniesi, passarono a Leostene ». I cavalieri Pelinnei rimasero soli fedeli ad Alessandro. Pelinna sembra essere stata sempre la città di fede più sperimentata, e forse la scelta di essa come quartiere per tappa nella marcia dall'Illiria a Tebe nel 335 (Arr. I, 7, 5), non avea solo ragioni strategiche.

Digitized by Google

troviamo Menone di Farsalo (Plut. *Phoc.* Diod. XVIII, 15, 4, 17, 6). Questo nome di Menone ritorna troppe volte per non credere che fosse tradizionale in una famiglia. Il suo probabile avo fu complicato nei movimenti insurrezionali contro le aristocrazie; il suo più antico antenato, non potendo contrastare a Daoco I il principato, era venuto a una provvisoria transazione con lui e la famiglia degli Aparidi. Nella costituzione tetrarchica introdotta da Filippo nel 344/3 il potere era tornato di nuovo agli Aparidi nella forma più esclusiva e accentrativa. Morto Daoco II era stato instaurato nel principato il figlio Sisifo (1), sicchè la stirpe dei Menonidi che pure aveva un passato di lustro e considerazione, si vide per sempre sottratta ogni speranza di ricuperare la perduta posizione. Si spiega pertanto che egli dovesse prendere nella lotta parte decisa pel partito antimacedonico. Ma è pur vero che la marcia vittoriosa di Leostene avesse fatto tale impressione nell'animo di tutti, che credettero perduta per sempre la causa macedonica; onde le ragioni del calcolo e dell'opportunismo dovettero avere molto peso nell'animo dei Tessali. L'esito della guerra lamiaca è noto: noi non conosciamo le misure adottate da Antipatro per assicurarsi la fedeltà della Tessaglia, ma è certo che non dovettero essere diverse da quelle che prese per tenere avvinta Atene alla politica macedonica, vale a dire una restaurazione delle aristocrazie fedeli alla Macedonia, e questa opera di restaurazione sembra non essere stata accompagnata da rigori e da atti crudeli di repressione come si rileva da questo cenno di Diodoro (XVIII, 17, 7): « concedendo la pace a tutte le città della Tessaglia, si diportò con mitezza. Perciò essendo in tutte le città sorto il desiderio di procacciarsi ciascuna per conto proprio la salvezza, tosto tutte ebbero la pace ». In ogni modo le agitazioni che seguirono alla morte d'Alessandro e le contese tra i diadochi, ravvivarono le speranze di coloro che al nuovo stato di cose si erano adattati più con rassegnazione che con entusiasmo, e alimentarono i propositi di secessione. Così, quando si fu manifestato il dissidio tra Cratero e Antipatro da una parte e Perdicca dall'altra, avendo gli Etoli, alleati di Perdicca, fatta un' irruzione in Tessaglia, guadagnarono tutti i Tessali alla loro parte per opera precipua di quel Menone che aveva combattuto vittoriosamente nella guerra lamiaca (319). Ma, avendo gli Acarnani invaso il territorio degli Etoli, e questi essendo obbligati a ritornare, i Tessali non poterono resistere a Poliperconte, e Menone stesso cadde in battaglia (Niese G. d. G. I, 232; Beloch III, 1, p. 98).

---

(1) Abbiamo visto sopra che il Sisifo di cui parla Ateneo è probabilmente il padre di Daoco II; ma che Sisifo II dominasse in Farsalo, sembra risultare dal noto ex-voto delfico.

Digitized by Google

Quale attitudine abbia presa la Tessaglia quando, morto Antipatro, per designazione di lui assunse la reggenza Poliperconte e questa gli fu contrastata dal figlio di Antipatro, Cassandro, non ci è tramandato dalle nostre fonti. Nel decreto di libertà per i Greci è fatta menzione della sorte stabilita per qualche città della Tessaglia, essendo esclusi dall'amnistia i banditi di Tricca, Farcadona ed Eraclea (Strab. p. 478; Diod. XVIII, 56); nulla è detto riguardo all'accoglienza delle disposizioni contenute nel decreto. È tuttavia inverisimile che sul momento Poliperconte trovasse in Tessaglia resistenza; poichè se due anni prima era bastata una invasione degli Etoli per guadagnare alla causa di Perdicca contro Antipatro tutta la cavalleria tessalica, con maggior facilità doveva trovare esecuzione un atto legale, che risparmiava anche la fatica dell'insurrezione. Inoltre, quando Cassandro tornando dall'Asia nell'anno 318 ebbe occupato il Pireo, Poliperconte dalla Focide si accinse a una marcia verso l'Attica: ora, se la Tessaglia fosse stata in rivolta o solo non avesse dato garanzia di fedeltà, era impossibile che Poliperconte si esponesse al pericolo così grave di esser preso tra due fuochi. Ma dopo l'infelice assedio di Megalopoli (Diod. XVIII, 74) aggravato dalla rotta completa della flotta comandata da Clito (Beloch III, 1, p. 106), il vincitore di Amorgo (Diod. XVIII, 72, Polyaen. 4, 6, 8), il prestigio di Poliperconte fu distrutto e « la maggior parte delle città elleniche — dice Diodoro — (XVIII, 74) — inclinarono per Cassandro ». Che tra queste Ἑλληνίδες πόλεις vadano comprese anche quelle della Tessaglia (1) si può congetturare senza pericolo (Beloch I, 1, p. 110); e, se non disertarono subito da Poliperconte è ragionevole supporre che appena Cassandro fu tornato in Macedonia la maggior parte delle città tessaliche passassero dalla sua parte (Diod. XVIII, 75-79). Inoltre, quando Cassandro dalla Macedonia si recò nel Peloponneso, della cui venuta Diodoro narra soltanto l'assedio di Tegea (XIX, 35), sembra abbia tenuto la via di terra (Beloch, III, 1, p. 110, n. 1), il che sarebbe inconcepibile, qualora la Tessaglia fosse rimasta fedele a Poliperconte. Ma v'ha ancora di più per mostrare la saldezza della fede mantenuta in questi tempi a Cassandro. Olimpia, la madre d'Alessandro, era tornata durante l'assenza di Cassandro nell'Epiro, si era impadronita della persona di Arrideo e di Euridice, e li aveva soppressi (autunno 317): Cassandro viene a patti coi Tegeati (anno 317/6), ritorna pel continente e, quantunque un esercito di Etoli avesse occupato la posizione delle Ter-

(1) Anzi indirettamente si rileva come la maggior parte dell'Ἑλληνίδες πόλεις dovevano esser quelle a nord dell'istmo di Corinto, poichè nel Peloponneso rimasero la maggior parte delle città — e le più importanti — fedeli a Poliperconte. Cfr. Beloch, III, 2, p. 369.

Digitized by Google

mopili e Poliperconte tenesse l'accampamento nella Perrebia, dalla Locride e dall'Eubea potè passare in Tessaglia. (Diod. XIX, 35). Ora, cogli Etoli alle Termopili, con Olimpia padrona della Macedonia, l'esercito di Cassandro impadronitosi di Pidna, ove fece prigionieri Olimpia con Rossane e il suo figlio Alessandro, « attraversò senza pericolo la Tessaglia, e avendo trovato le gole delle Termopili presidiate dagli Etoli (Diod. XIX, 53) » giunse in Beozia e rifondò Tebe.

Nella prima coalizione contro Antigono concordata tra Cassandro, Lisimaco e Tolomeo, non v'è traccia di alcun tentativo perpetrato da Antigono per scuotere la fede della Tessaglia, poichè egli mandò nella Grecia Europea soltanto Aristodemo di Mileto con mille talenti per guadagnare, d'intelligenza con Alessandro figlio di Poliperconte, il Peloponneso (Diod. XIX, 57). D'altra parte sappiamo che Cassandro, dopo avere inutilmente tentato di dissociare Poliperconte da Antigono, « avendo riunito un esercito attraverso la Tessaglia venne in Beozia (Diod. XIX, 63) ». La guerra in Europa fu più che altro combattuta nel Peloponneso, e non si estese poi più al nord dell'Eubea e della Beozia. Una volta dopo la pace del 311 la Tessaglia sembra essersi trovata, almeno temporaneamente, in potere di Poliperconte. Almeno quando costui proclamò re Herakles, figlio di Alessandro e Barsine, nel 309 (Diod. XX, 28; Beloch III, 2, p. 196), Cassandro si scontrò con lui nella Timfea. Nel corso di questa guerra le gesta di Demetrio Poliorcete dopo la vittoria di Salamina (306) e l'assedio di Rodi (305, Beloch *ib.* p. 197) non ebbero una sfera d'azione che oltrepassasse il nord delle Termopili, e Cassandro nell'anno 302/1 impensierito dei successi di Demetrio, dopo aver dato parte dell'esercito a Lisimaco, « passò col resto dell'esercito in Tessaglia per guerreggiare con Demetrio e con i Greci » (Diod. XX, 107). Ma Demetrio, mentre si combatteva in Asia, dopo essersi iniziato, riunì una flotta e un esercito a Calcide nell'Eubea, e quindi si diresse nell'Acaia Ftiotide, mentre Cassandro era alle Termopili (Diod. *ibid.* 110): sbarcò il suo esercito al porto di Larissa Cremaste, alla quale concesse subito l'autonomia e un governo democratico (1). Cassandro che stava organizzando il metecismo di Dio e Orcomeno a Tebe, si mosse tosto verso settentrione; rinforzò i presidi di Fere e di Tebe Ftiotica e si dispose alla battaglia. Ma non avendo nessuno osato di venire a battaglia campale, Demetrio fece un colpo di mano su Fere d'accordo con gli abitanti, se ne impadronì facendo uscire il presidio posto da Cassandro,

(1) Diod. XX, 110 τοῖς δὲ Λαρισαίοις αὐτονομίαν ἀποκατέστησε. L'ἀποκατέστησε si riferisce certamente al ritorno dello stato di cose vigente dopo che Poliperconte ebbe restaurate le democrazie.

Digitized by Google

e istituì a Fere un governo democratico. Ma appena Demetrio fu richiamato dal padre in Asia, Cassandro riconquistò tutte le citta della Tessaglia (1).

Dopo che Demetrio ebbe riconquistato Atene nel 294, ed ebbe portata guerra nel Peloponneso il dissidio dei due figli di Cassandro, Antipatro e Alessandro, gli porse occasione di intervenire nelle faccende della Macedonia, ivi chiamato in aiuto dal secondogenito Alessandro. Essendo stato per la mediazione di Lisimaco composto il conflitto fra due fratelli, scoppiò di nuovo la discordia (2): onde si comprende che Demetrio non volesse rinunciare alla conquista della Macedonia, per la quale non poteva presentarsi più propizia occasione. Alessandro, che a capo di un esercito era venuto a fargli intendere l'opportunità di abbandonare il territorio a lui spettante, col pretesto di significargli che più non aveva bisogno dell'opera sua, invitato da Demetrio a un banchetto a Larissa, venne ucciso. Demetrio fu così proclamato re della Macedonia nel 294/3 (3), e la Tessaglia continuò nello stato di soggezione, in cui si era trovata sotto i sovrani anteriori, da Filippo a Cassandro. Quando in seguito alla seconda insurrezione di Tebe (291), Pirro attraversò la Tessaglia per recare aiuto ai ribelli, fu sconfitto da Demetrio, e dovette ritornarsene in Epiro (Plut. *Demetr.* 40). Nemmeno quando alleatosi con Lisimaco

(1) Appare così da questa esposizione che l'attitudine delle città tessaliche è stata quasi sempre determinata dalle contingenze del momento e dalla fortuna dei contendenti. Dei partiti che preferirono l'una o l'altra dominazione ve ne erano certamente, ma non è possibile scendere a particolari.

(2) La mediazione di Lisimaco è attestata solo da Giustino XVI, 1, taciuta da Plutarco (*Demet.* 36, *Pyrrh.* 6) e da Pausania (IX, 7). La notizia ha evidente carattere di veracità. Lisimaco non fu spinto certo a quest'ufficio conciliativo dalla sola parentela con Antipatro, ma dal timore che Demetrio mettesse piede nella Macedonia, il che, dopo la riconquista di Atene e la rotta inflitta al re di Sparta presso Mantinea e in altre battaglie, equivalesse a renderlo padrone di tutta la Grecia.

(3) La proclamazione di Demetrio a re di Macedonia è dal Droysen (o. c. II, 2, 267) posta proprio nel 294. Il De Sanctis (*Studi di Storia antica del Beloch,* vol. II, p. 45) ammette la probabilità che Demetrio possa aver cominciato a regnare anche al principio del 293. Il Beloch (o. c. III, 2 64), poichè dal C I A II, 30 emerge che Demetrio si volse, secondo Plutarco (*Dem.* 35), subito (εὐθύς) contro Sparta, e di quivi in Macedonia, si contenta di stabilire come *terminus a quo* l'estate del 294 pel principio del regno di Demetrio, mentre il Niese (o. c. I, p. 365) preferisce la data del 293. Tutto sta a vedere come abbia ad intendersi la successione degli avvenimenti stabilita da Plutarco. Se la marcia di Demetrio in Tessaglia e in Macedonia seguì immediatamente all'invasione laconica, egli deve essere giunto in Macedonia prima della fine, probabilmente a estate inoltrata, del 294. Ma è notevole che secondo la rappresentazione di Plutarco (Dem. 35), mentre Demetrio era nel Peloponneso, gli venne la notizia che Lisimaco si era impadronito delle citta dell'Asia Minore, Tolomeo di Cipro tranne Salamina, e che in seguito a questo esso risolvette di allontanarsi dalla Macedonia. Il Beloch (o. c. I, 1, p. 229, nota) osserva che Plutarco, narrando come Demetrio si recasse in Macedonia, si contraddice affermando che le notizie avverse d'Oriente l'abbiano allontanato dal Peloponneso. Secondo il mio avviso però in Plutarco potrebbe esservi, più che contraddizione, omissione ed imprecisione. In primo luogo non darei molta importanza all'εὐθύς del c. 35, dal quale si vorrebbe ricavare una troppo breve permanenza di Demetrio in Atene, in seguito alla quale sarebbe andato nel Peloponneso. In tal caso questa spedizione

Digitized by Google

si divise con lui la Macedonia nel 288, si potè impadronire della Tessaglia, poichè Demetrio rifugiatosi a Cassandrea, potè conservare questo paese con le altre parti della Grecia (Plut. Pyrr. 12) (1). Ma durante il tempo che Demetrio cercava di risarcire in Asia la sua fortuna che gli era stata avversa in Europa, Pirro si impadronì anche della Tessaglia (Plut. ibid.), che fu prima riconquistata da Lisimaco, quando, in seguito alla morte di Demetrio, venne a mancare ogni motivo di alleanza tra Lisimaco e Pirro, il quale strinse un trattato segreto con Antigono Gonata a danno di Lisimaco, nel quale forse la Tessaglia occidentale veniva lasciata a Pirro (2). Ma quando in seguito alla vittoria riportata ad Edessa (285

---

potrebbe essere avvenuta nell'estate ed essersi prolungata. Quando gli venne l'annunzio degli infortuni in oriente per opera di Lisimaco e Tolomeo, la stagione poteva non essere propizia ad una spedizione navale, che avrebbe così differita alla primavera seguente. Frattanto potè giungergli la domanda di aiuto da parte d'Alessandro di Macedonia quando egli era ancora nel Peloponneso (Plut. *Dem.* 36). Secondo Plutarco (*Pyrr.* 6) Pirro giunse prima di Demetrio ὑπὸ ἀσχολιῶν βραδύνοντος. L'espressione generica potrebbe significare che non solo le faccende del Peloponneso, ma anche le cose dell'Asia Minore assorbivano la sua attività. Nella primavera seguente giudicò forse più opportuno assicurarsi la conqnista della Macedonia per pensare poi alle cose d'oriente. Quest'ipotesi trarrebbe come conseguenza che Demetrio avesse svernato in qualche paese della Grecia continentale, cosa probabilissima. Forse in quest'occasione Demetrio pose piede in Tessaglia, poichè dal racconto di Plutarco (*Demetr.* 36) apparirebbe che Demetrio già ne fosse padrone. Vero è che lo stesso autore (ibid. 39) dice: Δημήτριος δὲ μετὰ Μακεδονίαν καὶ Θετταλίαν ἦν παρειληφώς: ma o questa è un'inesattezza, o Plutarco si riferisce a un atto in cui fosse formalmente sanzionata l'annessione della Tessaglia alla Macedonia.

(1) Ciò non è attestato direttamente, ma si ricava da Plutarco (*Pyrr.* 12); Ἐκ τούτου καὶ πρὸς Δημήτριον εἰρήνην ἐποιήσατο καὶ μετ' ὀλιγον χρόνον εἰς Ἀσίαν ἀπάραντος αὐτοῦ πάλιν πεισθεὶς ὑπὸ Λυσιμάχου Θετταλίαν ἀφίστη καὶ ταῖς Ἑλληνικαῖς φρουραῖς προσεπολέμει. . . . Ciò dice Plutarco dopo aver narrato l'aiuto di Pirro recato ad Atene contro Demetrio nel 288. Come Demetrio riuscisse a conservare la Tessaglia, quando Pirro certamente attraverso di essa dovea essere venuto in soccorso di Atene, non sappiamo. Forse gli rimase per trattato: un trattato deve avere avuto luogo (Niese I, p. 380), quantunque non venga espressamente attestato (Beloch, III, 1, p. 240, n. 1). Ma noi abbiamo veduto che Pirro era stato chiamato ed era venuto in soccorso d'Atene: sappiamo inoltre da Plutarco (*Demetr.* 47) che Demetrio cedette alle preghiere del filosofo Cratete mandato a negoziare la desistenza dall'assedio. Ora è impossibile che Pirro nella conclusione dei negoziati non abbia avuto parte. Perchè Pirro concedesse patti così vantaggiosi a Demetrio si comprende ricordando che Lisimaco era in Asia, e Demetrio disponeva ancora di forze considerevoli; d'altra parte la conquista della Tessaglia sarebbe stata facile appena Demetrio avesse abbandonata l'Europa.

(2) Pel trattato segreto cfr. Beloch. III, 1, p. 248, e la relativa letteratura. Quanto alla sorte della Tessaglia non siamo direttamente informati: si potrebbe soltanto dalle liste dei *Thetaliorum reges* di Eusebio, in cui tra Pirro e Lisimaco non viene menzionato Antigono Gonata, ricavare che nel trattato la Tessaglia dovesse rimanere a Pirro. Ma poichè Antigono Gonata teneva Demetriade, è molto dubbio che non avesse accampata la pretesa a una parte della Tessaglia. Quanto alla rottura dei rapporti amichevoli tra Pirro e Lisimaco, Plutarco (*Pyrr.* 12) attribuisce a Lisimaco la provocazione, e Pausania (I, 10) non lo contraddice. Ma il trattato segreto tra Pirro e Antigono Gonata sta, se non altro, a provare che Pirro prevedesse almeno l'attitudine del suo alleato e non si lasciò sorprendere.

Digitized by Google

o 284), Lisimaco si fu reso padrone di tutta la Macedonia, anche la Tessaglia venne almeno in gran parte nelle sue mani, passata poscia a Tolomeo Cerauno, come ci prova la lista *Thetaliorum reges* di Eusebio (1). Pirro, sollecitato dai Tarentini, non credette opportuno contrastare a Tolomeo Cerauno le sue conquiste, e gli abbandonò anche le regioni della Tessaglia possedute da Lisimaco, allo scopo di ottenere un corpo di truppe per la spedizione in Italia (Iustin. XVII, 2, 11-15) (2). Il regno di Tolomeo Cerauno, come tutti quelli fondati sulla astuzia e sulla violenza, non era certo ispirato al rispetto delle franchigie e delle libertà locali. La Tessaglia ebbe più che altro a soffrire di questo sistema di compressione, poichè è naturale che vi fosse qualche partito attaccato a Pirro. Il fatto sta, che, quando sotto Brenno ebbe luogo la seconda spedizione Gallica, gruppi di Tessali e d' Eniani rinforzarono le orde dei barbari (Iustin. XXIV, 7, 2) (3). Una breve parentesi di indipendenza ebbe luogo in Tessaglia quando, in seguito all' invasione gallica, caduto Tolomeo Cerauno, nè reggendosi sul trono Meleagro e gli altri pretendenti, fu tentata con poca fortuna la forma repubblicana con Sostene. Tuttavia, mentre Pirro era occupato in Italia, Antigono Gomata, il quale in seguito ai torbidi che avevano afflitta la Grecia occidentale tentò, concludendo pace con Antioco, di ricuperare il regno paterno di Macedonia, prima del 275 si impadronì nuovamente della Tessaglia (Beloch III, 1, p. 586), che dopo una brevissima interruzione tornò a far parte integrante dell' impero macedonico. Ma ormai la storia della Tessaglia si complica troppo strettamente con quella della lega etolica; onde crediamo opportuno gettare uno sguardo retrospettivo sullo sviluppo e le vicende di questa federazione, fino al momento in cui le due correnti, per così dire, vengono a confluire ed a confondersi.

Gli Etoli, quella popolazione che dall'epoca eroica alla guerra del Peloponneso era rimasta estranea all' influsso della civiltà, tantochè nel quinto secolo (Thucyd. III, 94) la loro lingua riusciva inintelligibile agli altri Greci, e anche

---

(1) Alla battaglia d'Ascoli (Dionys. *A. R.* XX, 1) Pirro aveva cavalleria tessalica: potrebbe essere quella datagli da Tolomeo Cerauno, ma non è escluso che appartenesse al suo proprio esercito.

(2) Secondo Giustino (l. c.) Pirro, oltre che a Tolomeo Cerauno, avrebbe domandato anche ad Antigono soccorso di navi, ad Antioco denari. Ciò farebbe supporre che tra Tolomeo Cerauno ed Antigono non ci fossero sul momento relazioni ostili. Queste infatti si manifestarono durante la permanenza di Pirro in Italia (Iustin. XXIV, 1).

(3) Questa circostanza è trascurata troppo dagli storici moderni. Le parole di Giustino (ibid.): *Aenianum et Thessalorum duces amputari moras iubebant* mostrano che non si trattava solo di filibustieri, che assoldati dai barbari insegnassero le vie, ma di persone il cui consiglio non era sdegnato dal capo dell'esercito barbarico.

Digitized by Google

ai tempi di Filippo V di Macedonia si contestava la grecità di una loro tribù (Polyb. XVII, 5, 7), comincia fin dai tempi di Alessandro a mostrare una tale vigoria da entrare ormai nel novero dei grandi stati della Grecia. L'acquisto di Naupatto fatto dagli Etoli mercè le buone relazioni con Filippo II, (Demosth. *Phil.* III, 34; Strab. p. 427), segna la prima tappa di un movimento operoso d'espansione verso occidente (Freemann, *History of federal gouvernement.* p. 255-56). Prima alleati di Filippo (Dem. IX, 27; Schäfer II, p. 427), alla sua morte parteciparono cogli altri stati della Grecia al movimento antimacedonico (Diod. XVIII, 3), con lo scopo di ingrandire il loro territorio, impadronendosi dell'Acarnania, più che per una protesta contro l'egemonia macedonica (Beloch III, 1. p, 52). Ma Alessandro se li riconciliò, probabilmente insieme cogli Ambrocioti (Diod. *ibid.* 4). Tuttavia nel 329 (Beloch *ibid.* p. 53, n. 1) si impadronirono di Eniade (Diod. XVIII, 8; Plut. *Alex.* 24), profittando dell'assenza di Alessandro che non era disposto a tollerare quest'atto di prepotenza e di infrazione ai trattati (1)

Poscia nella guerra Lamiaca gli Etoli presero parte alla sollevazione contro l'egemonia macedonica, e, al contrario degli altri stati greci, non furono domati dalle forze di Cratero e Antipatro riunite, perchè l'azione contro Perdicca ed Eumene richiedeva una concentrazione di tutte le forze alleate; ma quanto la loro potenza cominciasse a impensierire, lo prova il proposito di questi due capitani di trasportare in Asia tutta la popolazione etolica (Diod. XVIII, 25, 5). Essi, stretta alleanza con Perdicca, marciarono contro la Tessaglia sotto la guida del loro duce Alessandro (322-321), e costrinsero molte città della Tessaglia a unirsi a loro, ma vi furono richiamati da un' invasione degli Acarnani. Una conquista di paesi tessali sembra non abbia avuto luogo nè allora, nè qualche anno dopo: solo un anno prima dell'invasione gallica li troviamo in possesso di Eraclea di Trachinia (Paus. X, 21, 1). L'occasione in cui gli Etoli aggregarono questo paese al loro territorio si può argomentare con una certa sicurezza, In seguito al disastro di Curupedio, in cui morì Lisimaco, scoppiati i conflitti per la successione al trono di Macedonia, gli Etoli, che si erano alleati con Antigono (Iustinus, XXIV, 1), ne profittarono, e, spintisi prima verso Delfo, sconfissero gli Spartani capitanati da Areo. Non trovando impedimenti per via, nel ritorno con una piccola diversione occuparono Eraclea di Trachinia. Ma è chiaro che la conquista di Eraclea di Trachinia non

(1) L'ipotesi dello Schäfer (II², p, 202) che gli Etoli partecipassero al movimento di ribellione condotto nel 331 sotto Agide, non ha alcun fondamento nelle fonti storiche, e il linguaggio degli oratori contemporanei sembra condannarla recisamente (cfr. p. 139 n. 1).

Digitized by Google

poteva aver luogo senza che il territorio della lega si fosse esteso sino all' Eeta: pertanto è verisimile che tutti i paesi posti nel bacino dello Sperchio fossero stati già assorbiti nel loro organismo federale (Salvetti apd *Studi del Beloch.* II, p. 105: Niese o. c. II, 213) Antigono Gonata, dopo il breve periodo di governo repubblicano in Macedonia ricuperò, come abbiamo visto, il trono di suo padre Demetrio Poliorcete. Anche la Tessaglia fece naturalmente parte del regno di Macedonia; ma egli si guardò bene, nelle condizioni di debolezza in cui si trovava per necessità nello stato nuovamente costituito, di contrastare agli Etoli i territori annessi alla loro federazione. Gli Etoli erano stati nella spedizione di Pirro in Italia alleati di lui, trovandosi contigenti di truppe etoliche alla battaglia d'Ascoli, (Dionys. A. R. XX, 1) (1): non potendo così Antigono staccarli da Pirro, comprò la loro neutralità col riconoscimento delle loro recenti conquiste. In tal modo si spiega la mancanza del loro intervento nelle lotte combattute tra Antigono Gonata e Pirro. Questi riportò completa vittoria in una località della Tessaglia difficilmente assegnabile, ma quasi di certo nelle vicinanze di Fere (2), come rileviamo dalla consacrazione delle spoglie nemiche ad Atena Itonia (Plut. Pyrr. 26; Diod. XXXI, 2, Paus. I, 13, 2). Pirro si decise quindi a passare nel Peloponneso invitato da Cleonimo, pretendente al trono di Sparta (Plut. *Pyrr.* 23, Paus. I, 13); e l'impresa era di facilitata dalla sconfitta subita da Antigono Gonata presso Tessalonica per opera Tolomeo, figlio di Pirro (Iust. 25, 3) (3).

La morte di Pirro avvenuta dopo all'assedio di Argo fu l'epilogo della lotta fra lui e Antigono Gonata: questi allora ricuperò la Tessaglia con eccezione del-

---

(1) Per la cronologia di questi avvenimenti cfr. anco Beloch. III, 2, p. 224-226. Forse però la notizia che i Cartaginesi spedirono una flotta a Taranto, appena saputa la notizia della morte di Pirro, è vera, e siccome non possono averla mandata prima della primavera, essendo Pirro morto in autunno (Plut. *Pyrr.* 30), ed essendo Spurio Carvilio e Papirio i trionfatori di Taranto, consoli nel 272, la morte di Pirro va posta nel 273.

(2) Per la determinazione del luogo della battaglia ci sovviene la menzione di Atena Itoniate nell'epigramma riportato dagli autori. È vero che un tempio d'Atena Itoniate vi era presso Coronea (Strab. p. 411; Liv, XXXVI, 20): ma è poco probabile che la Beozia sia stata teatro di questa guerra. Un altro epigramma dedicatorio nel tempio di Atena Itoniate riferito a un avvenimento più antico, (cfr. p. 136, n. 1), a una vittoria contro gli Illiri, in cui avrebbero avuto parte i Tessali, l'abbiamo nell'Antologia Palatina IX, 743, (Swoboda, *Jahresheften des österr. archaeol. Institut.* VI, 1903, p. 201).

(3) Per dove passasse Pirro nel Peloponneso è difficile rilevarlo, poiche l'unica indicazione topografica l'abbiamo in un luogo guasto di Giustino (XXV, 4) « Itaque cum copias Chersoneso transposuisset, legationibus Athenienssium et Achaeorum Messeniorumque excipitur ». Il Beloch (III, 1, p. 595), corregge: « Itaque cum copias Chersoneso Aetolica in Peloponnesum transposuisset. . . . » L'emendazione ha qualche grado di probabilità: tuttavia nella parola *Chersoneso* potrebbe risiedere più profonda e meno visibile corruttela (cfr. Niese II, p. 56, n. 4).

Digitized by Google

l'Acaia Ftiotide incorporata all' Etolia. Notizie particolari sulle relazioni della Tessaglia col re di Macedonia in questo periodo non ci sono fornite dalla tradizione: secondo un cenno che troviamo presso Eusebio, quando, enumerati i *Thetaliorun reges* (I, 243), ha parlato di Antigono Gonata dice: « Dum vero sub horum annis Pyrrhus Antigono copias recepit, et paucis quibusdam locis dominatus est. Praelio autem victus Derdiae a Demetro Antigoni filio rebus quoque publicis privabatur », Il confronto con Giustino (XXVI, 2, 9). « In quo (bello cum Ptolomaeo, et Lacedaemoniis) cum exercitu depopulatur. Huius filius Demetrius, puer admodum absente patre reparato exercitu non solum amissam Macedoniam recipit verum etiam Epiri regno Alexandrum spoliat » non lascia alcun dubbio che Eusebio abbia fatto lo scambio tra Pirro e Alessandro, e infelice è la congettura che si tratti di Alessandro figlio di Pirro. Il luogo di Giustino mostra che durante la guerra cremonidea, Alessandro invase i territori di Antigono e non solo la Tessaglia, ma anche la Macedonia (1).

Antigono Gonata promosse in tutte le città della Grecia l' instaurazione delle tirannidi; ma nella nostra tradizione non si conserva traccia di tirannidi nelle città della Tessaglia. Forse l'estensione della lega etolica sino ai confini della Tessaglia, può aver dissuaso il monarca macedone dal creare un' istituzione, la

---

(1) Resta a vedere quando abbia potuto aver luogo questa invasione di Alessandro in Macedonia Il Niese (II, 238), attenendosi a Giustino, la pone quasi immediatamente dopo l'ammutinamento dei mercenari Galli (266/5 o 265/4 ibid. p. 235) presso Megara non diversamente dal Droysen (III, 1 p. 238). Ma contro questa combinazione cronologica obietta il Beloch (III, 2, 427) che nessuna base a un' induzione cronologica precisa offrono le parole di Giustino: *in quo. . . . cum occupatus esset* etc. poichè Giustino continua: *per idem tempus rex Cyrenarum Magas decedit*, cioè dieci anni dopo la fine della guerra cremonidea, e ritiene (ibid. p. 428) che l' invasione di Alessandro in Tessaglia e in Macedonia ebbe luogo quando Antigono condusse novamente guerra contro Tolomeo in alleanza con Antioco Teo nel 255. Non c'è dubbio che l'andamento della guerra appoggerebbe quest' opinione, poichè dopo l' eccidio dei Galli ribelli, il re spartano Areo si ritirò nel Peloponneso (Trog. *prol.* VXVI) e Antigono intavolò nell'autunno (Polyaen. IV 6, 30) del 265 un trattato con Atene che non durò fino a primavera, e nel 264 — probabilmente in primavera — cadde Areo davanti a Corinto (Diodoro XX, 29, in cui dà come principio al regno di Areo il 309/8 e lo fa regnare 44 anni). Oltracciò Atene che cadde al principio dell'anno attico (263/2, Beloch III, 1, p. 410; 2 p. 424) si arrese per mancanza di vettovaglie, secondo la versione attendibile di Polieno. Ora, se in questo intervallo ci fosse stata un' interruzione cagionata da un' invasione in Macedonia e in Tessaglia, da richiamare Antigono dal teatro d'operazioni, e per di più ci si fosse aggiunta la diserzione delle truppe, sarebbe mancato il tempo materiale per proseguire un'efficace opera d'assedio, anche ammesso che le sorti degli alleati non potessero rialzarsi. La difficoltà rimane per l'espressione *puer admodum* adoperato da Giustino riguardo a Demetrio nato non prima del 276 (Beloch, III, 2, p. 93), ma certo non molto dopo, se la vittoria di lui su Alessandro si dovesse porre nel 255; poichè un principe reale di 19 o 18 anni difficilmente si sarebbe potuto chiamare *puer*. Ma non potrebbe essere un'esagerazione rettorica della fonte di Giustino?

Digitized by Google

repugnanza alla quale avrebbe potuto svegliare un desiderio d'annessione alla vicina repubblica federale. Cogli Etoli Antigono si mantenne sempre in amichevoli relazioni: tantochè strinse con essi un trattato di alleanza contro gli Achei. Questa cordialità di relazioni durò certo tutto il regno di Antigono Gonata, e si prolungò per alcuni anni del regno del suo figlio e successore Demetrio, sotto il quale si ruppe la concordia, impegnandosi in una guerra, di cui è incerto l'anno dell'inizio e non sono chiare le cause: soltanto si può argomentare che le vicende della monarchia epirotica non siano state estranee a questo conflitto, avendo gli Etoli profittato dei torbidi interni per impadronirsi di tutta l'Acarnania (1). Gli Achei si allearono cogli Etoli; ma i primi fatti d'arme furono molto sfavorevoli agli alleati. Demetrio riportò segnalate vittorie nel settentrione; onde la Beozia Polyb. XX, 5. 2) e la Locride Opunzia si staccarono dalla lega, a la Macedonia sembrò aver riaffermata incontestata la sua supremazia nell'Ellade (2); ma, quando Demetrio soccombette nel 229 in una spedizione contro i Dardani, l'integrità dei possedimenti macedonici in Tessaglia fu seriamente messa in pericolo, i Tessali, probabilmente aiutati dagli Etoli, si ribellarono, mentre i Dardani invadevano il territorio macedonico; ciò almeno si ricava con relativa sicurezza da un cenno generico di Plutarco (Arat. 34), e da uno più esplicito di Giustino (XXVIII, 3, 4; *Prolog.*

---

(1) Alessandro, successore di Pirro, si divise con gli Etoli l'Acarnania (Polib. II, 45; IX, 34) in quale anno, non consta (Salvetti negli *Studi* del Beloch, II, p. 106). Secondo Giustino (XXVIII, 1) alla morte di Alessandro (anno 250) gli Etoli volendosi impadronire di tutta l'Acarnania, Olimpiade, per trovare una difesa contro questa usurpazione, si stringe in parentela con Demetrio di Macedonia, dandogli in moglie la figlia Ftia. Si ritiene comunemente, in base al cenno di Giustino (ibid), *Ad regem Macedoniae Demetrium decurrit*, che questo matrimonio avesse avuto luogo dopo l'assunzione al trono di Demetrio, dunque dopo il 239. Ma, poichè Giustino stesso connette il tentativo di conquistare l'Acarnania con la morte d'Alessandro, la designazione *regem* si deve a una negligenza (cfr. Beloch III, 2, p. 93-96). Perchè Antigono Gonata non rompesse la pace cogli Etoli, si comprende, avuto riguardo alle condizioni del Peloponneso, in cui egli veniva perdendo gradatamente ogni potere, alla ribellione del nipote Alessandro, soccorso dal re di Siria e da Tolomeo. Anche dopo si mantenne in buone relazioni cogli Etoli: e quando Arato si impadronì dell'Acrocorinto (243), Antigono Gonata si alleò con gli Etoli. È quindi probabile che Antigono Gonata componesse la vertenza tra la regina reggente d'Epiro e gli Etoli per via diplomatica, facendosi delle concessioni dall'una parte e dall'altra. Alla morte di Pirro e Tolomeo, gli Etoli cercarono di impadronirsi anche di tutto il resto dell'Acarnania; e allora Demetrio credette opportuno d'intervenire. Per la cronologia della guerra cfr. Pomtow *N. Jahrbücher* etc. 1897, p. 821 sq.; Niese II, p. 269, n. 1. In senso contrario *Beloch* III, 1, p. 656. Per la cronologia degli ultimi re dell'Epiro cfr. Beloch III, 2, p. 105-108.

(2) Intorno all'ubicazione della località Φυλακία, dove Arato nel 233 sarebbe stato disfatto da Biti, stratego di Demetrio cfr. Plut. *Arat.* 34, cfr. Niese, II, 273, n. 2; Beloch III, 1, p. 657, n. 1. Reca meraviglia come in seguito a questi insuccessi gli Etoli potessero pensare a un'azione nell'Acarnania: forse a questo furono incoraggiati dalla minaccia di qualche invasione dei popoli illirici, per la quale Demetrio non potè pienamente godere i frutti della vittoria.

Digitized by Google

XXVIII), il quale attesta che rintuzzò i loro spiriti di ribellione. Siccome troviamo più tardi l'Estieotide e la Tessaliotide, oltre l'Acaia Ftiotide, incorporata nella lega etolica, si è congetturato che solo in questo periodo critico l'Etolia avesse potuto estendere i suoi possedimenti in Tessaglia a danno della Macedonia, cui non sarebbe rimasta altro che la Pelasgiotide. Siccome questo è un punto di massima importanza per chiarire le vicende della Tessaglia e lumeggiare lo sviluppo della lega etolica, è prezzo dell'opera discuterlo particolareggiatamente.

Il Beloch (G. G. III, 2, p. 339 sq.) mette in rilievo che gli Etoli, dopo la battaglia di Cinoscefale, reclamano il possesso di Farsalo, come di città tolta loro da Filippo, e che nel 185 gli Etoli chiesero la restituzione di Tricca, Faloria ed Eurimene, che loro sarebbero state tolte da Filippo. Il possesso degli Etoli è confermato dai dati epigrafici, trovandosi sotto gli arconti delfici Babbilo e Policleto (217-212) menzionati come ieromnemoni Etoli cittadini di Farsalo, di Limnea, di Cierio. Ma in quale anno — si domanda il Beloch (ibid. p. 340) — potè effettuarsi questo aumento di territorio? Non prima della morte di Antigono Gonata, poichè questo principe fu sempre in buoni rapporti cogli Etoli; e nello stesso tempo il numero dei ieromnemoni etoli è in questo tempo troppo piccolo perchè vi potessero essere inclusi i Tessali. Tanto meno si può pensare al tempo di Demetrio, poichè gli Etoli hanno in guerra combattuto contro di lui sempre sfortunatamente; e allo stesso modo va esclusa la guerra sociale. Altre guerre che queste gli Etoli non hanno mai combattuto dopo l'invasione gallica. Ora, poichè i Tessali alla morte di Demetrio si ribellavano alla dominazione macedonica, e non possono gli Etoli aver mantenuta la neutralità in questa circostanza così propizia, mentre di una guerra di Antigono contro gli Etoli non ci è traccia nella nostra tradizione, non rimane altra ipotesi plausibile che questa: Antigono Dosone, incalzato a settentrione e minacciato a sud ovest, venne a patti con gli Etoli, ritenendo per sè Magnesia e la Pelasgiotide, e cedendo loro la Tessaliotide e l'Estieotide. Questa induzione sarebbe confermata dalla determinazione del trattato d'alleanza nel 220, secondo la quale si dovevano ritogliere agli Etoli le città e i paesi acquistati dopo la morte di Demetrio, padre di Filippo (Polyb. IV, 21, 6). Ma Polibio (V, 93, 9) presuppone per l'anno in cui finì la guerra sociale (217) Farsalo appartenente alla Macedonia. Il Beloch (p. 341) prevede quest'obiezione, e si affretta a confutare l'opinione del Niese (*G. d. g. Staaten* II, 503, n. 2), il quale sostiene che gli Etoli abbiano conquistato Farsalo, e quindi le città della Tessaliotide e dell'Estiotide durante la prima guerra macedonica, sincrona col secondo periodo della guerra annibalica, e che Filippo abbia subito dopo ricuperati questi territori. Non si vede —

Digitized by Google

egli osserva — in qual tempo si potrebbe porre la conquista di Farsalo da parte degli Etoli, poichè Filippo combattè contro di essi sempre con vantaggio. Inoltre, nel trattato del 198 lo stratego Alessandro (Polyb. XVIII, 3, 12; Liv. XXXII, 33) reclama per gli Etoli Farsalo insieme con Tebe e Larissa Cremaste, il che non avrebbe senso qualora Farsalo fosse stata un possesso solo transitorio da parte degli Etoli: Farsalo inoltre in un altro luogo di Polibio (XVIII, 38, 6) viene enumerata dagli Etoli tra le città τὰς πρότερον μεθ' αὑτῶν συμπολιτευομένας. Avuto riguardo a queste indirette testimonianze, il Beloch conclude che nel passo di Polibio V, 99, 3 si deve scorgere un' inesattezza di questo storico che non sarebbe isolata, nè più grave di tante altre.

Su tali risultati dell' illustre storico in parte soltanto si può convenire, quantunque non sembri plausibile l'opinione del Niese che la conquista della Tessaglia da parte degli Etoli possa essere stata effettuata durante la guerra annibalica. Per conto mio non vedrei un controsenso nel fatto che Farsalo, conquista più recente degli altri paesi dell'Acaia Ftiotide, in un discorso degli interessati potesse venire equiparata alle conquiste più antiche. Se Polibio ha in qualche modo riprodotto i concetti più salienti del discorso di Alessandro, si comprende nell' intonazione di questo una dissimulazione capziosa dell'effettiva differenza di condizione tra Farsalo e le città della Ftiotide: se Polibio ha rimpolpato con particolari lo scheletro del discorso, l'unione di Farsalo colle altre può essere un semplice zeugma di pensiero. Nessuna sottile argomentazione a me sembra che possa valere contro l'esplicita affermazione contenuta nel passo di Polibio V, 93, 3, che Farsalo appartenesse a Filippo al tempo della guerra sociale. Scopa, stratego degli Etoli, invase la Macedonia ποιησάμενος τὴν πορείαν διὰ Θετταλίας (Polib. IV, 62): che traversasse la Tessaglia come paese appartenente a Filippo, non alla lega etolica, si ricava da un altro luogo di Polibio (ibid.) ἔσχον γὰρ ἐκ τούτων διάληψιν ὡς τῆς μὲν Αἰτωλίας οὔτ' ἐγγίζειν τολμήσοντος οὐδενὸς, αὐτοὶ δὲ πορθήσοντες ἀδεῶς οὐ μόνον τὴν Πελοπόννησον καθάπερ ἦν αὐτοῖς, ἀλλὰ καὶ τὴν Θετταλίαν καὶ Μακεδονίαν. Inoltre Filippo mentre era a Eniade riceve l'annunzio che i Dardani avevano invaso il suo territorio: egli allora si affretta dall'Acarnania verso l' Epiro e dall' Epiro in Macedonia: a Demetrio di Faro cacciato dai Romani ordina di navigare a Corinto κἀκεῖθεν ἥκειν διὰ Θετταλίας εἰς Μακεδονίαν (IV, 66). Ora, quantunque Demetrio dovesse approdare in un porto della Pelasgiotide che sempre era appartenuta a Filippo, difficilmente nel passaggio può avere evitato qualche regione dell' Estiotide. Similmente troviamo qualche allusione caratteristica alle relazioni della Tessaglia con la Macedonia, dove Polibio (IV, 76) riferisce che Apelle voleva τὸ τῶν Ἀχαιῶν

Digitized by Google

ἔθνος ἀγαγεῖν εἰς παραπλησίαν διάθεσιν τῇ Θετταλῶν, cioè a un' effettiva soggezione sotto la lustra d'un protettorato. Nel terzo anno della guerra mentre il re Licurgo marcia contro la Messenia, Dorimaco, (Polib. V, 5), di concerto con lui per distrarre Filippo dall'assedio di Palea τοὺς ἡμίσεις ἔχων Αἰτωλῶν εἰς Θετταλίαν ἐπεποίητο τὴν ὁρμήν, e in questo frattempo gli Etoli τὴν Θετταλίαν καὶ τὴν Ἤπειρον ἐπιπορευόμενοι κατασύρουσι καὶ πορθοῦσιν πᾶσαν ἀδεῶς. Secondo che la cosa ci viene presentata da Polibio, l'Epiro e la Tessaglia sarebbero stati il teatro delle depredazioni degli Etoli, il che difficilmente si concepisce senza ammettere che la Tessaliotide e l'Estiotide, almeno in piccola parte, fossero sotto il dominio macedonico. La denominazione di Tessaglia è troppo continua e sistematica perchè gli si possa negare il significato presso a poco corrispondente alla concezione tradizionale; e, unito a questo argomento l'altro che Polibio attesta esplicitamente che al tempo della guerra sociale Farsalo era in possesso di Filippo, dobbiamo venire alla conclusione che in questo periodo Filippo fosse padrone di molta parte della Tessaglia. Ma se anche molta parte della Tessaglia fosse stata in possesso degli Etoli al principio della guerra sociale, questi dovrebbero averla perduta poichè la campagna si terminò favorevolmente per Filippo, che espugnò Tebe Ftiotica, e trasportatovi coloni Macedoni, la denominò Filippopoli, (Polyb. V, 91-100) gli abitanti di Tebe Ftiotica erano ancora nel 207 a Tronio; Liv. XXVIII, 7, 12): onde Filippo ne era rimasto padrone; e, se era rimasto padrone di Tebe Ftiotica, difficilmente può avere abbandonato altre regioni della Tessaglia, specialmente dominando la valle dell'Enipeo (Polib. V, 99). Ora quando fu giunta notizia della battaglia del Trasimeno (Polib. V, 101), Filippo pensò di effettuare con Demetrio di Faro una spedizione in Italia, e a questo scopo deliberò di concludere subito con gli Etoli la pace, che fu stipulata a condizione di ritenere ciascuno quello che aveva (Polib. V, 103). Che Filippo rinunciasse ai vantaggi ottenuti con la guerra, è difficile, specialmente attese le disposizioni d'animo degli Etoli, i quali desideravan la pace non meno che Filippo (σπεύδοντες διαλύσασθαι τὸν πόλεμον). Inoltre il discorso di Agelao (ibid. p. 104) che esortava a por fine a una guerra tra Greci e Greci in vista dei pericoli che sovrastavano da una vittoria dei Cartaginesi o dei Romani, si comprende soltanto ammettendo che forti ripugnanze vi fossero da parte dei suoi connazionali a concludere una pace svantaggiosa (1). Stando così le cose, risulta che bisogna cercare un altro termine più basso all'in-

(1) Cfr. Beloch. III, 1, p. 759, dove giustamente impugna che il discorso di Agelao vada considerato come un *vaticinium ex eventu*.

Digitized by Google

cremento della potenza etolica in Tessaglia, anche nella considerazione che tra le usurpazioni territoriali dagli Etoli, che erano materia di rivendicazione da parte di alleati allo scoppio della guerra sociale non vi è alcuno accenno a conquiste nella Tessaglia, e ci riteniamo autorizzati a concludere che merita piena fede la testimonianza di Trogo Pompeo (*Prol.* XXVIII, Iust. XXVIII, 3, 14) che Antigono Dosone, quando assunse la tutela, rintuzzò gli spiriti ribelli dei Tessali insorti.

Nondimeno nel decennio 230-220 la cifra dei ieromnemoni Etolici sale al massimo numero, il che non si comprenderebbe senza nuove e significanti annessioni territoriali, che difficilmente possono essere diverse da quelle delle regioni tessaliche. Queste non possono cadere nel primo anno della reggenza d'Antigono; poichè quando i Tessali si ribellarono, gli Etoli venuti in loro aiuto ebbero a soffrire una sconfitta disastrosa in seguito a una sortita che fecero per liberarsi dall'assedio (Front. II, 6, 5). Ora che Antigono volesse loro concedere dei pezzi di territorio in seguito a una vittoria è cosa tanto inverisimile che non avrebbe bisogno di confutazione. Tuttavia il Droysen (III, Th. p. 69) ritiene che Antigono ebbe delle forti ragioni per non profittare della vittoria: egli — dice il Droysen — aveva la mira suprema di staccare gli Etoli dagli Achei: onde, se li avesse ricacciati completamente dalla Tessaglia, il dissidio fra le due confederazioni sarebbe stato differito. Oltracciò gli Etoli avrebbero invocato l'aiuto degli Egizi e dei Romani, che in seguito alla loro vittoria contro gli Illiri cominciarono ad avere occasione di ingerenza nella penisola ellenica. — Ora, per quanto Antigono Dosone fosse un monarca antiveggente, è ben difficile che suggellasse con un insuccesso diplomatico la sua fortuna militare, e non si potrebbe affermare che un simile atto non sarebbe stato senza una forte ripercussione nella sua corte e nel suo regno. Pertanto a noi sembra ad escludere che la cessione dei territori tessalici abbia avuto luogo all' indomani della vittoria d'Antigono sugli Etoli, e bisogna quindi escogitare un'altra combinazione o rinunciare del tutto a una qualunque determinazione cronologica. Forse non è arrischiato pensare che gli Etoli tentassero con fortuna un colpo di mano in Tessaglia (1), quando Antigono recatosi in Oriente a contrastare a Tolomeo Evergete gli acquisti nelle Cicladi e sulla costa meridionale dell'Asia minore, dopo la vittoria d'Andro (2) passò in Caria.

---

(1) È degno di nota che i ieromnemoni etolici nel 229/8 ascendono a sedici: nel 227/6 a quattordici (cfr. Pomtow in Pauly. Wiscowa IV, 2, p. 2688.

(2) Riguardo alla cronologia della battaglia d'Andro, cfr. Beloch III, 2, p. 462 sq.: *ibid.* p. 431. La combinazione del prologo XXVIII di Trogo col luogo di Plutarco *Pelop.* 2, Ἀντίγονος ὁ γέρων (?) ὅτε ναυμαχεῖν περὶ Ἄνδρον ἔμελλεν esclude ogni dubbio che la conquista della Caria fosse una conse-

Digitized by Google

L'incremento totale dei possedimenti etolici in Tessaglia coincide probabilmente colle complicazioni della politica Macedonica colla guerra annibalica in Occidente. Dopo la battaglia di Canne, fu definitivamente stipulato il trattato d'alleanza tra Filippo e i Cartaginesi, ma i Romani mandarono il pretore Marco Valerio Levino a proteggere i possedimenti dell'Illiria. La fortuna delle armi se non fu disastrosa per Filippo, non fu nemmeno prospera, avendo tentato inutilmente un assalto a Corcira, e non avendo potuto compiere alcunchè di decisivo nell'Illiria. Questi insuccessi gli alienarono l'animo degli alleati e dei soggetti, specialmente perchè era divenuto sempre più accessibile alle suggestioni di Demetrio di Faro e di altri consiglieri, i quali lo eccitavano ad una maggiore affermazione di autorità e di supremazia sui Greci. Già al tempo della guerra sociale era palese la condizione di sudditanza dei Tessali: « I Tessali infatti — osserva Polibio (V, 76, 2) — sembravano aver le proprie leggi e differire molto dai Macedoni, ma non differivano in niente, trovandosi nella stessissima condizione dei Macedoni dovendo osservare tutte le prescrizioni regie ». Questa osservazione dello storico megalopolitano ha piena conferma in un documento epigrafico contenente due lettere di Filippo, una del 219, a. C. un'altra del 214 (1). Il malcontento che regnava tra i Tessali per questo trattamento incoraggiò gli Etoli che già dominavano nelle regioni limitrofe della Tessaglia a tentare la fedeltà delle altre città come Farsalo, probabilmente anche Tricca e Pelinna, che non si fecero troppo pregare a votare l'annessione alla lega. Così intorno a questo periodo a Filippo rimase soltanto la Pelasgiotide e Magnesia, ma il possesso della Tessaglia occidentale e meridionale da parte degli Etoli fu solo transitorio. Filippo non poteva rinunciare ai vantaggi

---

guenza delle battaglie d'Andro. Il γέρων potrebbe essere lezione falsa, ma non ci si può dissimulare che anche altrove Plutarco adopera l'espressione Ἀντίγονος ὁ γέρων (*De Alexandri Magni fortuna an virtute* § 9 = Moral. che fa riscontro al Σέλευκος. . . . ὁ νέος di Polibio (IV, 48, 7). Tuttavia non è improbabile che l'errore l'abbia commesso lo stesso Plutarco.

(1) Cfr. Hermes XVII, p. 467 e sq. in cui il Mommsen illustra l'epigrafe tessalica già edita dal Lolling nell'A M VII, p. 61 sq. La prima lettera di Filippo ivi riportata (p. 468 linea 9 dell'epigrafe) porta la data ἔτους β Ὑπερβεταίου κα' (settembre-ottobre); la seconda (p. 469 l. 39) porta la data ἔτους ζ' Γορπιαίου ιγ' (circa agosto-settembre). Cfr. in proposito Mommsen *ibid.* p. 477. L'effettiva sovranità di Filippo nella nominale autonomia dei Tessali, è provata dal contenuto delle due lettere, nella prima (l. 6-7) dice: ἀπὶ τοῦ παρόντος κρίνω ψηφίσασθαι ὑμᾶς ὅπως τοῖς κατοικοῦσιν παρ' ὑμῖν Θεσσαλῶν ἢ τῶν ἄλλων Ἑλλήνων δοθῇ πολιτεία. Nella seconda (lin. 27-32) lamenta che molti siano rimasti esclusi dalla cittadinanza. Il Mommsen (*ibid.* p. 478) ritiene che Filippo favorì la parte popolare a scapito degli ottimati, e cita (*ibid.* n. 2) il passo di Livio XXXIV, 51, 4; dal quale si rileva che Flaminino dopo Cinoscefale procedette a un'epurazione delle liste dei cittadini, e istituì una forma di governo a base democratica « potentioremque eam partem civitatium fecit, cui salva et tranquilla

Digitized by Google

della sua campagna fortunata contro di essi che non gli furono assicurati con la pace di Fenice. I Romani erano troppo distratti dall'oggetto precipuo dei loro sforzi di portare la guerra in Affrica, e dalle faccende di Spagna per vigilare e ostacolare l'opera di Filippo: questi ritolse a uno a uno agli Etoli tutte le città della Tessaglia (1) ripristinando presso a poco gli stessi confini della Macedonia che aveva stabiliti il suo grande omonimo antenato, il padre d'Alessandro Magno. Così Filippo gettò il seme di una futura guerra coll' Etolia, che non indugiò a stipulare alleanza con i Romani appena costoro, liberi da ogni preoccupazione per aver fiaccata la potenza di Cartagine a Zama, colsero l'occasione di rompere guerra alla Macedonia. Ad Aminandro (Liv. XXXI, 28) re degli Atamani, fu dato l' incarico di spingere gli Etoli alla guerra: che dopo qualche indecisione (Liv. XXXI, 28) aderirono all'alleanza (XXXI, 40-8), appena conosciuto l' insuccesso di Filippo ad Otolobo.

---

omnia esse magis expediebat ». Secondo il mio avviso la politica di Filippo va giudicata molto più benevolmente, poichè questa liberalità sul conferire i diritti di cittadinanza era corrispondente a una necessità sociale di prim'ordine. La privazione del diritto di voto a una parte numerosa e spesso la più energica della popolazione poteva costituire una causa di malcontento continuo e un lievito di rivolte. Filippo che voleva consolidare il suo dominio in Tessaglia, cercava di ovviare a tutti le cause di perturbazione, come aveva cercato di ovviarvi in Sparta prima Cleomene e poi Nabide. La simpatia pei democratici era una conseguenza della politica di Filippo, non era il contenuto del programma. Oltracciò la popolazione era effettivamente assottigliata dalla guerra; e lo stesso sistema per rimpolparla Filippo adottò più tardi per la stessa Macedonia. Cfr. Liv. XXXIX, 24, 3-4 « ut vero antiquam multitudinem hominum, quae belli cladibus amissa erat, restitueret, non subolem tantum stirpis parabat cogendis omnibus procreare atque educare liberos, sed Thracum etiam magnam multitudium in Macedoniam traduxerat, quietusque aliquandiu a bellis omni cura in augendas regni opes intentus fuerat ».

(1) Convengo col Niese (II, p. 503, n. 1) che Filippo dopo la pace del 205 riconquistasse i territori perduti della Tessaglia: ma del tutto repudiabile mi sembra la sua congettura che gli Etoli sottomettessero Tebe, Echino e Farsalo nel 207.

Digitized by Google

Digitized by Google

AVVERTENZA E AGGIUNTE.

Il lavoro del Georgiadis, **Θεσσαλία** mi è stato irreperibile: il lavoro del Leake, *Travels in northern Greece* nemmeno mi è riuscito di consultare. Ma, avendo, come ho già rilevato nel proemio, tralasciata la trattazione delle questioni geografiche, ho rimesso l'uso maturo e ponderato di queste opere al tempo in cui potrò offrire della Tessaglia la trattazione della quale questo *saggio* è come un abbozzo. Avverto che ho mantenuto nelle citazioni l'uso del titolo *Lehmann's Beiträge*, pei fascicoli dei primi cinque volumi di questo periodico, quando non aveva ancora assunto l'altro di *Klio*: solo in queste aggiunte ho derogato una volta a questo sistema.

A p. 15 — Quanto agli ἑταῖροι, anche il Lehmann-Hampt (*Klio* V, 2, p. 246 *n.* 1) ritiene la loro istituzione e denominazione indigene, e quest'ultima appartenente al patrimonio idiomatico comune all'antico macedonico e al greco-arcaico. Questo concetto differisce dal nostro solo in ciò che il Lehmann ritiene i Macedoni come barbari ellenizzati; ma è sostanzialmente identico in quanto non consideri il nome ἑταῖροι come effetto d'importazione letteraria. Egli poi attribuisce ad Archelao, l'istituzione dei πεζέταιροι, pur non pronunciandosi in merito all'emendamento del Köhler al frammento di Anassimene di Lampsaco, ma invocando un'analogia offerta dalla storia germanica. Non bisogna stancarsi di mettere in guardia contro il pericolo di questi argomenti analogici.

A p. 17 — Kornemann in *Klio* VI, I, p. 175. Il Kornemann insiste nella possibilità che dalla Tessaglia a Creta vi siano state correnti dirette d'immigrazione. È questa una possibilità che non si può escludere; ma l'indizio più significante in suo favore é la toponomastica. Riscontri onomatologici tra Creta e la Tessaglia non sono minori che tra la Tessaglia e il Peloponneso.

Digitized by Google

A p. 117, n. 2 — Qualche dubbio sulla realtà storica della testimonianza eschinea (II, 28) aveva già espresso il Reuss (*Wochenschrift für classische Philologie* 1905, n. 5, p. 116) nella recensione dell' opera dello Schubert *Untersuchungen über die Quellen zur Geschichte Philipp's II von Makedonien.*

All' *excursus* IV (*Rivista di Storia Antica* X, fasc. 3-4 p. 387).

Per valutare debitamente il significato del dato offerto dal Marmo Pario d'una rivendicazione focese pel santuario di Delfo nel 366/5, merita d'essere meditato l'articolo di H. Pomutow *Eine delphische στάσις im Jahre 363 a. Ch.* (Klio VI, 1, p. 89-126). Non sottoscrivo certamente alle affermazioni del prelodato critico (p. 90): « La ragione della pertinenza ad uno o ad un altro partito risiedeva per i singoli gruppi gentilizi *(Geschlechter)* nella loro discendenza o derivazione (*Abstammung und Herkunft)*: tutti i rampolli dorici o i tracidi derivanti dalla Grecia settentrionale [ciò che non è punto dimostrato!] come alcune famiglie originariamente tessaliche erano antifocesi, mentre il piccolo numero di stirpi *(Sippen)* di origine flegio-acaica (?) inclinava agli affini Focesi. . . . »; ma è probabile che nel 363 vi fosse un forte dissidio a Delfi tra i partigiani dei Tebani e dei Focesi; che il partito tebano trionfasse, ed espressione di questa prevalenza fosse il conferimento della promantia ai Tebani immediatamente dopo i Delfi (B. C. H. XXIII, p. 517; per la cronologia del 363/2 dell'iscrizione cfr. Pomtow *Klio*, ibid. p. 27), nonchè il bando di Asticrate. Ora è possibilissimo che fin dal 366/5, i Focesi avanzassero delle pretese di protettorato sul santuario di Delfo, le quali possono avere circostanze causali o concomitanti con l'antagonismo tra i Focesi e i Tebani, accentuatosi e inaspritosi più tardi. Gli indizi ricavati dalle iscrizioni dalle quali l' una è posta sicuramente nel 363/2, l'altra con tutta probabilità, ci confermano sempre più nella congettura che nel citato luogo nel Marmo Pario non vi sia nè errore di grafia pel nome dell'arconte, nè errore del cronista che avrebbe anticipato di circa un decennio la guerra sacra.

Digitized by Google

RAFFAELLO NASINI

LA CATTEDRA DI CHIMICA
NELLA UNIVERSITÀ DI PISA

PROLUSIONE AL CORSO DI CHIMICA GENERALE

LETTA IL GIORNO 17 GENNAIO 1907

NELL'AULA DELL' ISTITUTO DI CHIMICA GENERALE

Digitized by Google

Digitized by Google

Angusta è quest'aula, ma mi sarebbe parso quasi una profanazione se avessi cominciato il mio corso in un'altra che non fosse quella che vide nascere la chimica italiana, se non avessi parlato dinanzi al banco glorioso dal quale il Piria dettò le sue lezioni ed iniziò gli italiani alle ricerche serie nella nostra disciplina; se non avessi parlato qui dove il Cannizzaro mosse i primi passi nella sua via luminosa, dove il Tassinari per tanti anni tenne vivo l'amore alle indagini analitiche ed al severo esame dei fenomeni chimici. E dall'altro lato troppi ricordi aveva per me quest'aula! Mi ricordo qui studente come voi, come voi giovane e vivace, apprendere dalla voce del caro e buon maestro, dalle sue esperienze elegantissime che cosa fosse la chimica; e poi, più provetto, meditare su quanto in modo apparentemente disadorno il maestro ci esponeva, ammirando l'efficacia sua di farci addentrare nell'essenza delle trasformazioni chimiche. E con me qui rivedo voi, carissimi amici miei, compagni miei di studio e di lavoro, che tutti avete tenuto alto e tenete il prestigio della scuola pisana, Pietro Gucci, Leobaldo Danesi, Alessio Alessi, Ubaldo Antony, Alberto Crecchi. E, ricordando, mi par di rivivere in quelli anni ed un'onda di gioventù viene a me e mi fa dimenticare che da quei tempi più di un quarto di secolo è passato! E quest'onda di gioventù, questi ricordi mi danno più grande la fiducia

Digitized by Google

e la speranza di potere ancora utilmente prestare in prò vostro e della scienza l' opera mia di maestro.

Io non voleva far prolusione. Già troppo innanzi era l' anno scolastico e mi sembrava doveroso di cominciare addirittura il mio corso. Ma quando lasciai l'ateneo insigne, al quale per quindici anni aveva dato tutta la mia opera di insegnante e di ricercatore, e che mi aveva ricompensato e mi ricompensa col ricordo buono che di me conserva, per venir qui, nell' Università celebrata che con l'altra ha a comune di insuperbirsi, a ragione, che vi ha insegnato la somma gloria pisana il Galileo, e a comune poi il ricordo di tante tradizioni di sapere, di civiltà, di tanti esempi di patriottismo; qui dove mi richiamavano l' amore del luogo natìo, l' antica consuetudine e il desiderio di ritrovarmi con amatissimi colleghi, già miei compagni di studio, volli — quasi ad augurio — rivedere il buon maestro di Pisa, che più non vedeva dal giorno memorabile in cui, in occasione del suo settantesimo anno di età, discepoli, amici e colleghi fecero a lui feste solenni. Lo rividi con grande commozione nella sua villetta, persa nella quiete della mite campagna romagnola, e per quanto non più alacre il corpo, lo trovai collo spirito sempre pronto, colla intelligenza lucida, e non cambiato nel suo aspetto poderoso. Ed egli mi disse di porgervi il suo saluto, ed io ve lo porgo, il saluto dell' uomo che con tanto affetto, a quelli che vi precedettero, dette per quaranta anni l' opera sua. Parlando con lui, riandando insieme con lui tutte le vicende di questo istituto, mi accorsi che non avrei potuto cominciare il mio corso senza rammentarvi coloro che mi precedettero nell' insegnamento: sentiva che, se anche avessi voluto, non mi sarebbe riuscito, e che la mia parola — anche non preparata — si sarebbe prima rivolta ai ricordi che sola questa cattedra possiede in Italia: nelle altre la storia dell' insegnamento chimico comincia può dirsi col maestro che adesso la occupa, o con quello che lo precedette: la nostra invece ha una storia ben degna che se ne parli.

Gloriosa storia quella della cattedra di chimica dell' Università nostra! La fondò nel 1757 Francesco II di Lorena, Gran Duca di Toscana, e fu la prima che si stabilì in Italia, come insegnamento a sè: giacchè in alcune delle università italiane esisteva sì l' insegnamento, ma era il professore di altra materia che veniva incaricato di dettare anche qualche lezione sulla disciplina nostra. Fu chiamato ad insegnare

Digitized by Google

il maestro Anton Nicòla Branchi, il quale già si era acquistato un certo nome esponendo, prima di venire qui, un seguito di esperienze e di ricerche nella farmacia del Cignale in Firenze (1); di queste rimane a noi l'indice, nella prefazione o avviso del quale egli diceva che non intendeva di fare dell'alchimia, « ma di quella Chimica che alla Fisica e Medicina appartiene ». Le sue lezioni di Pisa troviamo lodate, e nelle Novelle letterarie del 1757 (2) vien detto a proposito di esse che « si deve applaudire alla scienza, attenzione ed esattezza del sig. Dott. Branchi acuto ricercatore dei segreti della natura ». Di Nicòla Branchi poco altro sappiamo, e, almeno nei suoi primi passi, sembrerebbe che si fosse attenuto a quello che era il trattato più reputato sino a quei tempi, il trattato del Lemery; e che delle idee nuove dei chimici pneumatici, e degli altri che vissero prima della fine del secolo, poco penetrasse nel suo corso; mentre invece Felice Fontana proprio qui in Pisa, verso il 1763, trovava il metodo per analizzare l'aria per mezzo del gas nitroso. Nicòla Branchi insegnò sino al 1801, anno nel quale fu giubilato, e a lui successe il figlio Giuseppe, che già il padre assisteva nel laboratorio e nello insegnamento sino dall'anno 1788; nel 1810, quando Nicòla morì, occupò definitivamente il suo posto (3). Fu con Giuseppe Branchi, regnando Leopoldo II, che il laboratorio di Chimica, che fino allora era stato pure in Via S. Maria nella casa che adesso è Tortolini, ebbe la sua sede nell'edifizio attuale, già costruito per la cattedra di astronomia. Il trasporto si fece nel 1833, come ricorda l'iscrizione che si vede nell'Aula, la quale loda anche l'amore per la chimica del Granduca Leopoldo I, il grande Pietro Leopoldo, che aveva affidato alle cure di Nicòla Branchi l'istruzione dei suoi tre

---

(1) Anton Nicola Branchi.

Indice di esperienze chimiche che saranno mostrate nel corrente anno 1753 nel laboratorio della spezieria del Cignale in mercato nuovo per uso di alcuni associati. Firenze, 1752, appresso Andrea Bonducci. Bibl. Naz. Catalogo Targioni Tozzetti, M. S., t. 8, n. 20.

(2) *Novelle letterarie pubblicate in Firenze l'anno MDCCLIX.* In Firenze, 1759, nella stamperia di Gaetano Albizzini all'insegna del Sole. T. XX, pag. 497.

(3) Alcuni degli apparecchi in vetro che furono esposti in occasione di questa prolusione, e che colle loro forme bizzarre ricordano quelle degli alchimisti, rimontano certo all'epoca di Nicòla Branchi. Questi ed altri cimelii furono sottratti all'azione del tempo, e a quella più ancor pericolosa, qualche volta, di chi lavora, dalle cure intelligenti del bravo servente, il signor Carlo Cheloni.

Digitized by Google

figli, Ferdinando, che fu poi Granduca, Carlo e Leopoldo, che furono, sembra, frequentatori del suo corso (1). Giuseppe Branchi tenne con onore la sua cattedra sino all'anno della sua morte, che avvenne nel 1841. Fu uomo dotto; lavorò principalmente in chimica analitica, e ancora si ricordano dei buoni suoi studi sui colori adoperati dagli antichi in vari mosaici e pitture, comprese alcune del nostro bel camposanto. Non bisogna dimenticare che il Branchi fu anche professore di materia medica e questo spiega l'indole speciale della maggior parte delle sue ricerche e delle sue pubblicazioni, così di quella, in due volumi, « sulle falsificazioni delle sostanze specialmente medicinali e dei mezzi atti ad iscoprirle ». Senza dubbio conosceva assai bene quanto si produceva allora nella chimica: nelle sue pubblicazioni troviamo pieno possesso della letteratura di quei tempi, in ispecie di quelli in cui egli cominciava la sua carriera: ci appare anche, in alcune, un buon apprezzamento delle idee Bertholettiane, a proposito del come l'azione delle masse faccia variare. secondo egli si esprime, il giuoco delle così dette affinità (2). Morì nel 1841 Giuseppe Branchi lasciando il suo nome principalmente raccomandato alla Branchite, idrocarburo scoperto nella lignite di Monte Vaso, analizzato prima dal Branchi e poi dal Piria, e fatto conoscere dal Savi che gli dette il nome in onore del collega (3).

---

(1) Leopoldo II M. Etruriae duci P. F. A. — quod — Pisanam chemiae scholam — An. MDCCLVII a Francisco II institutam — Antoni Nicolai Branchi Florentia Pisas arcessiti — Curae et magisterio primum demandatam — Leopoldi I post ann. XXV munificentia firmatam — et filiorum eius Ferdinandi Karoli et Leopoldi — quos pater chemiae amantissimus — auditores Branchio commiserat praesentia honestatam — ad priscas bibliotecae aedes — amoeniorem in locum transferri ibique — commodiori officina theatro capaciori exstructis — grandioribus aulis adiectis — machinis apparatibusque chemicis recentioribus perfectioribus — Instrui iusserit anno regni sui VIIII — Josephus Branchius A. Nicolai filius — rei chemicae tradendae regendae praefectus — a scholae institutione secundus — grati animi monumentum posuit anno MDCCCXXXIII — Principi optimo de scientiis de se benemerentissimo.

(2) Ecco l'elenco delle pubblicazioni del Branchi tolto da quello della Biblioteca Nazionale di Firenze. Branchi dottor Giuseppe, nobile fiorentino, cav. di S. Stefano P. e M. *Memorie e Lettere.* Pisa, Pieraccini, 1841, in 8°, p. p. 356. Bibl. Naz. B. 23, 1, 31. *Esperienze ed osservazioni sopra alcune proprietà del fosforo.* Pisa, 1813. Bibl. Naz. Cat. Palatina, 16, 6, 5, 26. Ch. 0, 28. *Sulla falsificazione delle sostanze specialmente medicinali e sui mezzi atti a scoprirle.* Pisa, 1823, vol. 2, in 8°. Biblioteca Naz. Cat. Palatina, X, 5, 2, 4. Ch. 0, 52. Mancherebbero le ricerche *Sui cangiamenti di colore della tintura del Turnesole e di altre tinture vegetabili,* che secondo quello che dice il Branchi nelle *Memorie e Lettere,* furono pubblicate a parte nel 1816.

(3) Il Branchi fu anche buon collezionista. Nei graziosi vasetti, che pure furono esposti il giorno della prolusione, era riunita la collezione da lui lasciata che conta interessanti esemplari. La maggior parte dei cartellini sono scritti dal professore stesso.

Digitized by Google

A succedere al Branchi fu chiamato Raffaele Piria, ma, sino a che egli non fosse venuto, fu autorizzato a supplirlo quell' uomo veramente grande, che tanto illustrò l'Università nostra e poi l'Italia risorta, quell'uomo veramente grande che fu Carlo Matteucci. Col Matteucci comincia il nuovo soffio di vita nello insegnamento della nostra scienza a Pisa. Il Matteucci preparò una bella via al suo geniale successore. Di lui resta, appositamente fatta, la traduzione del libro elementare, di Chimica o introduzione allo studio della Chimica del Liebig (1), che, a quanto dichiara il traduttore nella sua prefazione o avviso, era ciò che di meglio si aveva allora nella chimica: alla traduzione aggiunse tre capitoli suoi interessantissimi, uno sull'elettrochimica, uno sulle relazioni tra i pesi atomici e alcune proprietà fisiche dei corpi, e l' ultimo sulle generalità della chimica organica. Da questi capitoli appare quale prezioso indirizzo chimico-fisico avrebbe dato il Matteucci e quale conoscenza egli avesse dei problemi che c'erano da risolvere e come acutamente sapeva porne dei nuovi. Troviamo in questi capitoli delle interessanti considerazioni concernenti l'azione dello stato elettrico sull'affinità dei corpi, ed enunciato con ogni esattezza il principio del Hess in termochimica, principio che poi fu da tutti dimenticato, cosicchè il Thomsen lo espose credendola cosa nuova: vedute interessantissime troviamo in riguardo alla chimica organica, in specie sull'avvenire che era riservato alle azioni catalitiche della spugna di platino. Il libro mirava anche a scopo pratico analitico, giacchè esso è corredato di un breve cenno sulle reazioni dei principali metalli e porta una curiosa tavola a colori dove sono figurati dei piccoli bicchieri da analisi con entro, diversamente colorate, le differenti soluzioni, i differenti precipitati che si formano. Nel 1842 Raffaele Piria prendeva possesso della cattedra nostra. Raffaele Piria, calabrese, contro alla volontà dei suoi parenti, non attratto

---

(1) *Libro elementare di Chimica*, contenente l' introduzione allo studio della chimica o cioè i principii generali di questa scienza, le proprietà chimiche, la teoria atomistica, l' isomorfismo del Dottore J. Liebig e capitoli tre di Carlo Matteucci cioè: 1° dell' elettrochimica; 2° delle relazioni fra i pesi atomistici e alcune proprietà fisiche dei corpi; 3° delle generalità della chimica organica; e più una tavola con l' unita descrizione in cui sono al vero rappresentate le reazioni che servono a scoprire i metalli nelle loro combinazioni e l'apparecchio recentemente immaginato da Marsh per iscoprire l' arsenico. Pisa, tipografia Nistri, 1842.

Digitized by Google

da maestri celebrati, ma spinto da vocazione potente, si era dato da sè con tutto l'ardore agli studi della chimica, cosicchè in breve riusciva maestro a tutti i suoi compagni. Ottenuta la laurea in medicina abbandonava Napoli per Parigi, che era a quei tempi il centro più attivo e il focolaio per gli studi delle nostre discipline. Lavorò da prima nella modesta cameretta del suo modesto albergo pubblicando così due piccole note di chimica analitica; poi, accolto con grande affetto dal Dumas nel suo laboratorio, dove si legò al Matteucci di quell'amicizia profonda che durò tutta la vità, si mostrò così abile sperimentatore che senz'altro potè ajutare il grande maestro. E subito, coraggiosamente, rivolgeva la potenza della sua mente alla parte più difficile della chimica organica, alla più oscura, alla più irta di difficoltà che i chimici più provetti non osavano toccare; intraprendeva lo studio della salicina, di cui non si conosceva ancora nessun derivato, col disegno di allontanarsi dalle vie battute e di aprire lo studio di una intera classe di sostanze organiche dotate di composizione più complicata di quelle sino allora studiate. Vi riusciva così bene che il Dumas, riferendo all'Accademia delle scienze su questa prima parte del lavoro, aveva a dire « che era uno dei più perfetti di cui la scienza si fosse da lungo tempo arricchita e faceva presagire tutto ciò che la chimica doveva sperare dal giovane scienziato ». Seduceva il Piria il miraggio di fondare in Italia una scuola forte di chimica, come quella del Dumas, come quella del Liebig e tornava a Napoli con questa fede e con questo entusiasmo. accompagnato dai voti del Dumas, il quale seguitava le parole che abbiamo riportate sopra, dicendo che il Piria, che tante speranze dava di sè, « avrebbe introdotto ben presto a Napoli sua patria il gusto degli studi chimici forti e seri ». Tornato a Napoli nel 1839, pubblicava nel 1840, il suo trattato di chimica inorganica che dedicò al Dumas, istituiva un piccolo laboratorio e teneva un corso libero frequentatissimo, ma osteggiato dal Governo e dai colleghi: insieme collo Scacchi fondava un periodico scientifico, che però non visse che un anno, e in cui comparirono suoi pregevoli lavori. Dopo due anni di prove sì egli che il Melloni, suo consigliere ed amico, perdevano ogni speranza di fondare in Napoli una scuola di scienze sperimentali ed allora il Melloni, insieme col Matteucci, si adoperarono perchè il Piria fosse nominato qui in Pisa: egli accettava con vera gioja — « onde sfuggire come scrive il Melloni, alle inimicizie ed ai bassi raggiri di cui gli

Digitized by Google

erano prodighi i suoi ignorantissimi colleghi napoletani ». Questo l'uomo che, non ancora trentenne, veniva chiamato ad insegnare qui, in questo laboratorio, in questa aula. Alla nostra Università egli dette tutte le forze del suo ingegno, tutta la sua attività di insegnante, di esperimentatore e di maestro. Io non voglio nè posso addentrarmi nell'esame dell'opera scientifica del Piria: altri (1) lo hanno fatto con profonda competenza e con grande amore, primo fra tutti il suo grande allievo, il Cannizzaro. Possiamo questo affermare che l'opera del Piria si esplicò tutta in questo laboratorio, giacchè ben poco potè egli fare, dopo esser passato a Torino, per cause certo che a lui non fanno che onore. Qui finì i suoi studi sulla salicina e scoprì l'elegante immediata scissione di essa per l'azione della sinaptasia in glucosio e saligenina e potè darne la definitiva formula di costituzione: studiò la populina e ne preannunziò la sintesi, eseguita più tardi dal Prof. Ugo Schiff: indagò la costituzione dell'asparagina e ne scoprì la vera natura, svelando le relazioni sue coll'acido malico, e introdusse nella scienza il prezioso metodo di convertire per mezzo dell'acido nitroso il gruppo amidico in quello ossidrilico; intraprese quelle importanti ricerche sulla trasformazioni di alcuni acidi nelle aldeidi corrispondenti e ritrovò il processo importantissimo, capitale, di formazione delle aldeidi distillando il sale di calcio dell'acido corrispondente col formiato di calcio. Bei tempi erano quelli per la nostra Università! Convenivano qui allora in Toscana, attratti dai tesori artistici, dalla dolcezza del clima, dalla cortesia dei cittadini, dalla gentilezza del linguaggio e dal liberale e mite allora governo granducale, una schiera eletta degli uomini più illustri di Italia, di quanti desideravano il nostro risorgimento politico e morale. Qui a Pisa si era formato un centro intellettuale elevatissimo, un vero focolaio per gli studi delle scienze che erano rappresentate da quelli uomini grandi che furono il Mossotti, il Matteucci, il Pilla, il Meneghini, il

(1) *Sulla vita e sulle opere di Raffaele Piria.* Discorso letto da Stanislao Cannizzaro il giorno 14 marzo 1883 nella R. Università di Torino inaugurandosi un busto del Piria. Torino, Loescher, 1883. *Notizie sulla vita e sulle opere di Raffaele Piria,* raccolte da Alfonso Cossa professore di Chimica nella R. Scuola di applicazione per gli Ingegneri in Torino, letto alla Reale Accademia delle Scienze il 25 giugno 1882. (*Memorie Acc. Torino,* serie II, I, XXXV) Torino, Loescher, 1883. In questa Memoria vi è la Bibliografia completa dei lavori del Piria e l'elenco delle Necrologie, commemorazioni ecc., che di lui furono fatte.

Digitized by Google

Cuppari, il Savi e il Piria. In questo mezzo elevatissimo egli visse, qui fondò col Matteucci *Il Cimento*; qui dettò quelle sue meravigliose lezioni di cui resta ancor vivo il ricordo. All' insegnamento orale egli consacrò parte grandissima del suo tempo e tutti si accordavano nel celebrare il suo metodo didattico. Dice il Cossa di lui « parlatore chiaro, sobrio ed ordinatissimo sapeva esporre in modo eletto e nuovo le cognizioni più elementari e nello stesso tempo otteneva di render facilmente più intelligibile le parti più astruse della scienza » e il Cannizzaro parlando del « grande studio che egli poneva nella scelta tanto della materia quanto dell'ordine e della forma per insinuare nelle menti dei principianti precise ed esatte cognizioni, e sopra tutto per educarle al rigoroso metodo induttivo » aggiunge « Però soltanto coloro che l' hanno ascoltato possono farsi un' idea adeguata in quale alto grado egli raggiunse codesto effetto nelle sue lezioni cattedratiche ».

Ho già detto che il Piria, tornato da Parigi, mirava ad un ideale altissimo, di fondare una scuola completa di chimica, un attivo e frequentato centro di ricerche, simile a quello di Parigi del Dumas, di Giessen del Liebig, e come non vi riuscisse a Napoli. Ma da principio a Pisa le difficoltà pei locali e quelle finanziarie non furono poche: non vi era scuola pratica, non stanze adatte per lavori di allievi e ci volle proprio tutta la sua buona volontà, come scrive il Cannizzaro, per fare esercitare in qualche angolo del laboratorio i pochi giovani che accorrevano da diverse provincie d'Italia. Non aveva assistenti nè preparatori; i giovani, spesso principianti, lo aiutavano nella preparazione delle lezioni: tutto il resto faceva da sè colle proprie mani. Ma furono specialmente le ristrettezze finanziarie che in principio gli impedirono di fare quanto egli con tanto entusiasmo si proponeva per l' istruzione pratica. Sino al 1845 egli non ebbe che 706 lire all' anno di dotazione; poi questa fu elevata a lire 1176 (200 scudi toscani) e il Governo cominciò anche a essergli largo di fondi straordinari. Con quella maggior larghezza di cui potè disporre va di pari passo l'ammissione in laboratorio di Cesare Bertagnini, ancora studente, e di Stanislao Cannizzaro, che entrò quale assistente straordinario nel 1846. Il Bertagnini fu attratto alla chimica da potente attrazione e dal grande maestro. Il Cannizzaro, che lavorava con Macedonio Melloni, fu da lui presentato al Piria a Napoli in occasione del Congresso degli Scienziati; questo in-

Digitized by Google

contro decise della vocazione del Cannizzaro per la chimica e fu così che l'Italia ha potuto avere nella storia della nostra scienza nel secolo passato un posto a quello di nessun'altra nazione secondo. Ecco come il Cannizzaro stesso racconta: « Il Piria non solo non respingeva i « giovani che mostravano desiderio di istruirsi nel suo laboratorio, ma « anche ne andava in cerca nelle varie provincie d'Italia. Sono io uno « dei frutti di questa sua caccia di allievi e debbo al Melloni, incaricato « dal Piria di avviare giovani volenterosi al laboratorio di Pisa, di « essere ivi andato ed essermi avviato alla chimica piuttosto che ad « altro ramo di scienze. Perchè non posso qui sfuggire di fare la confes- « sione che, in ciò ben differente dal Piria, io non fui spinto da potente « vocazione, ma dall'attrattiva dell'illustre maestro a prescegliere « la carriera chimica ». Il Cannizzaro, e anche il Bertagnini, non fecero lavori nei primi tempi: loro ufficio era di prender parte alla preparazione delle esperienze dimostrative della lezione (il che invero, dice Cannizzaro, educava a grande diligenza, dovendo soddisfare le esigenze del Piria), nell'essere il giorno spettatori e rare volte coadjutori del lavoro che egli faceva colle proprie mani, con quella precisione che il Dumas ha così bene descritto, e nel conversare poi la sera sulla condotta e sui resultati delle esperienze che avevano in silenzio seguite. E nondimeno furono anni che ci dettero nel Bertagnini un chimico di primissimo ordine, che avrebbe forse superato il maestro nelle ricerche di chimica organica se fosse vissuto più a lungo e di vita meno angosciata; nel Cannizzaro uno dei più grandi pensatori e riformatori nella chimica che abbia illustrato ed illustri il secolo passato! Si avvicinava il 1848: il Cannizzaro ritornò in Sicilia per cospirare contro la tirannide dei Borboni e lo vedremo poi combattere animosamente, intrepido ufficiale di artiglieria, contro le truppe da essi assoldate, poi deputato al parlamento siciliano, profugo poi andare pure egli a Parigi, sino a che l'ospitale e libero Piemonte non si aprì anche a lui per l'esplicazione dell'ingegno suo grande. Il Piria, il Mossotti, il Montanelli, l'eroico Pilla che doveva trovarci la morte, correvano sui Campi di Curtatone e di Montanara seguiti dal Bertagnini ancor sempre studente. Avvenuta la restaurazione del governo lorenese, le cose cambiarono. Venne la reazione blanda sì, ma continua e a colpi di spillo; il governo granducale temeva ormai gli uomini di grande ingegno e più ancora temeva che intorno a

Digitized by Google

loro si raccogliessero giovani amanti del sapere: conosceva per prova, come dice il Cannizzaro, che quelli uomini illustri non disgiungevano l'amore della scienza da quello della grande patria italiana che trasfondevano nei loro allievi. Il Bertagnini doveva compiere tutte le sue esperienze a proprie spese, in un laboratorietto che aveva nella sua campagna a Montignoso: i fondi straordinari, che prima del 1848 erano concessi con una certa larghezza, cessarono, e il Piria dovette ridursi alla misera dote annuale, e, quando ci fu una eccedenza di spesa, ebbe dai provveditori moniti e ingiunzioni nella loro crudezza sgarbati. Fu nel 1851 che, cessatogli ogni assegno straordinario, per fare lavorare alcuni allievi eccedè nella spesa la dotazione per circa lire toscane 780. Il Provveditore gli impose di riparare allo sbilancio cogli assegni del 1852, e, non essendoci riuscito, il Piria scrisse di suo pugno in calce al resoconto questa eloquente dichiarazione che io vi leggo in questo *libro di cassa* del laboratorio che noi gelosamente custodiamo:

« L'eccedenza dell'esito, sull'introito in L. 780,9,8 verificatosi nel « rendiconto dell'anno 1851 non poteva esser pareggiato nel corso di un « solo anno, che a scapito dell'insegnamento. Il sottoscritto per conse- « guenza, onde non essere obbligato a chiudere il Gabinetto ai giovani, « che vengono ad istruirsi nelle operazioni della chimica, prima della « metà dell'anno scolastico, ha preferito di limitarsi per quest'anno ad « una riduzione parziale, riserbandosi di pareggiare la somma da lui an- « ticipata di L. 580,12 cogli assegni del 1853.

« R. Piria ».

E il provveditore scrisse sotto:

« Visti i conti e le ricevute comprobanti le suddette partite,

« Si approvano — avvertendo che lo sbilancio del 1852 — dovrà « essere *impreteribilmente* ripianato nell'anno corrente.

« Il Provveditore

« F. Puccioni ».

Nell'anno successivo, il 6 dicembre 1854, il Puccioni ingiungeva seccamente « di non fare ulteriori disavanzi limitando le spese dentro il « confine dell'annua dote ». Ed infatti il 29 maggio 1855 il resoconto si chiuse con un avanzo di lire toscane 53,8, ma il Piria aveva accettato l'invito dell'Università di Torino, e nel 1856 lasciò la nostra Pisa! A Torino si recò con vasti disegni e grandi speranze, disegni e speranze

Digitized by Google

che pur troppo non poterono che in piccola parte diventare realtà, onde ben a ragione io affermava che noi abbiamo avuta tutta l'opera scientifica e didattica di quest'uomo sommo, che tenne alto il nome d'Italia quando ancora in Italia chimica vera non esisteva, acquistandosi nella scienza una posizione pari a quella dei migliori maestri d'allora della chimica organica. La repugnanza che egli aveva per tutto quanto fosse teorico, che non scaturisse quasi necessariamente dai fatti fu causa che egli non si curò di assicurarsi la priorità di alcune vedute fondamentali, che pure erano nella sua mente e che traspaiono nei suoi lavori, e che poi da altri con molta fortuna furono esposte e messe in evidenza. Nè vi ha dubbio che, se le circostanze non fossero state a lui così contrarie, il laboratorio di Pisa per frequenza di allievi nulla avrebbe avuto a invidiare a quello di Giessen (1).

Cesare Bertagnini, nato a Montignoso nel 1827, cominciò a lavorare in chimica quando ancora era studente; combattè con i suoi compagni a Curtatone e, nel settembre del 1848, ottenne la laurea in matematiche; nel 1849 fu nominato aiuto del Piria e fu chiamato a succedergli quale supplente prima, quale professore effettivo alla fine del 1856. Afflitto da un male inesorabile che egli sopportò con eroica rassegnazione e con sublime coraggio, cosicchè dei suoi patimenti non possiamo leggere senza restare profondamente commossi, egli non potè dare alla scienza tutto quello che il suo ingegno, la sua rara abilità sperimentale, il suo amore per lo studio avevano fatto presagire. Ed è veramente prodigioso come egli potesse pur produrre tanto: i suoi lavori sulle trasformazioni che alcuni acidi subiscono nell'organismo, quelli sull'azione dell'acido nitrico sui prodotti della serie benzoica, le ricerche sulla fillirina e, più che tutte, la sintesi dell'acido cinnamico e principalmente poi il metodo di purificazione delle aldeidi per mezzo della loro unione coi bisolfiti alcalini, metodo che ha reso alla chimica organica incalcolabili servizi, bastano a dimostrare quale uomo di primo ordine egli fosse e di quanta attività

---

(1) Del Piria si conservano diversi degli apparecchi che servivano per le sue lezioni e che pure furono esposti, tra gli altri quello del Monge e del Lavoisier per la sintesi dell'acqua, inoltre un depuratore dell'ossigeno per le combustioni, il fornello col quale le eseguiva, la piccola pompa a mano per le determinazioni di azoto, e poi vari prodotti, che egli aveva acquistato, e alcuni altri preparati da lui stesso; così, sopra a tutti interessante, il glucosio che egli ricavò dalla salicina per la scissione colla sinaptasia.

Digitized by Google

fornito. Le sue lezioni si dice che non avessero ad invidiare nulla ai pregi che avevano reso così celebri quelle del suo maestro. E il maestro fu per lui un vero amico: insieme visitarono la Francia e la Germania, andarono a trovare il Liebig a Giessen e poi con lui si recarono alla prima esposizione mondiale a Londra. Ma le condizioni sue di salute si fecero sempre più gravi: tentò un grande viaggio in America, ma di là dovette ritornare precipitosamente in patria per avere il tempo di morire tra le braccia di quella donna insigne che fu sua madre Bartolina Giorgini. Accolto amorevolmente dal suo buon maestro e dai suoi cari, ritrovò almeno la tranquillità, e, dopo grandi patimenti, morì in Viareggio il 23 dicembre 1858, appena trentenne. Vita infelice, sempre tormentata dal male, ma allietata dall'affetto di tutti quanti lo conobbero, ma confortata dal culto di tre grandi ideali, la scienza, l'amore di sua madre e la fede: a Dio egli chiedeva perdono, negli ultimi tempi, di aver troppo amato la scienza nostra e di esserne rimasto vittima! Fede ingenua, verace, ardente di un'anima eletta, di un alto intelletto, davanti alla quale — quali che possano essere le nostre credenze — dobbiamo inchinarci reverenti e pensosi! Degno allievo del Piria, ne aveva ereditato l'estro sperimentale, ed i suoi lavori possono certo annoverarsi tra i migliori di quei tempi nella chimica organica (1).

Successore del Bertagnini fu Sebastiano De Luca, calabrese anch'esso come il Piria. Egli pure aveva lasciato la sua patria per Parigi ed aveva lavorato col Berthelot nelle importanti ricerche sopra le trasformazioni della glicerina e sopra i derivati allilici, acquistando buon nome di esperimentatore e stringendo amicizia coi principali chimici del suo tempo. Il laboratorio, negli anni che egli fu qui, si deve giudicare che prosperasse, perchè ebbe aumento di dotazione, fondi straordinari ed un assegno per la retribuzione di un assistente. Fu inoltre affidato al De Luca l'insegnamento della chimica agraria. Certo il De Luca desiderava che il laboratorio producesse e mostrò un'attività degna di lode negli anni che stette qui. Eseguì analisi e varie ricerche, di indole piuttosto fram-

(1) *Elogio funebre del Professore Cesare Bertagnini*, detto il 22 gennaio 1858 nella Chiesa di S. Sisto dal Prof. C. G. Meneghini. Pisa, Nistri, 1858 In questo bellissimo e commovente elogio si dà un elenco dei lavori del Bertagnini. Vedere anche i cenni scritti dal Guareschi nell'*Enciclopedia italiana* e in altre pubblicazioni.

Digitized by Google

mentoria, seguitò quelle sulla ciclamina, si occupò di indagini di chimica agraria ed anche i suoi assistenti fecero diversi lavori, sia di chimica pura che di chimica agraria. Iniziò una pubblicazione interessante, quella dei *Rendiconti dei lavori eseguiti nel laboratorio di chimica dell' Università di Pisa,* che si stamparono a Napoli e dei quali uscirono tre dispense o fascicoli, che io sappia (1). Ma il carattere piuttosto chiuso del De Luca, certe sue qualità personali non simpatiche, la non grande facilità nell' esporre, fecero sì che egli non si acquistasse l' affetto e la confidenza degli allievi, cosicchè per queste e per altre ragioni non lasciò di sè molto desiderio.

Nel 1860 fu nominato professore a Pisa il Cannizzaro, che contemporaneamente era stato chiamato anche a Napoli; ma, resasi vacante la cattedra di Palermo, egli preferì di tornare in patria, dove ancora viveva la sua vecchia madre. E a Palermo egli potè tradurre in realtà il sogno del Piria, fondando una vera scuola di chimici, che capitanata da Emanuele Paternò, e trapiantata poi a Roma ha dato all' Italia la massima parte dei suoi insegnanti e dei suoi lavoratori. Sino al 1862 stette qui il De Luca, ci stette cioè sino a che fu chiamato a Napoli, dove insegnò con plauso, si dice, e introdusse certo in quell' Università il concetto degli studi chimici modernamente intesi, concetto che si era perso veramente dalla partenza del Piria in poi; ed in Napoli morì nel 1880, Senatore del Regno, lasciando di sè fama di uomo d' ingegno più che di insegnante efficace e di attivo maestro in laboratorio. Il suo nome anderà sempre insieme con quello del Berthelot, ed è legato alla gloria perchè il Cannizzaro diresse a lui quella lettera modesta e famosa in cui poneva a base della chimica la regola dell' Avogadro ed enunciava la feconda riforma del sistema dei pesi di combinazione degli

---

(1) Sebastiano De Luca. *Rendiconto dei lavori eseguiti nel Laboratorio di Chimica dell' Università di Pisa 1861-62.* Napoli, Tip. dell' Iride. Nei fascicoli I II e III sono contenuti i seguenti lavori: *Ricerche sulla temperatura dell'acqua allo stato sferoidale. — Esperienze ozonometriche fatte nel laboratorio chimico dell' Università di Pisa da O. Silvestri sotto la direzione del Prof. De Luca. — Ricerche di Chimica agraria eseguite durante gli anni 1860-61 da S. De Luca e G. Ubaldini. — Nuove ricerche sulla temperatura dell' acqua allo stato sferoidale fatte da S. De Luca. — Analisi chimica di due nuove acque minerali di Montecatini in Toscana denominate Nuova acqua dell'Olivo, Acqua della Salute, eseguite da O. Silvestri.*

Digitized by Google

elementi (1). Del De Luca fu assistente provvisorio per pochi mesi, quell'uomo impareggiabile, quello scienziato geniale che fu Antonio D'Achiardi, che tanto illustrò questa cattedra di mineralogia e la nostra Toscana, e che con commozione ricordo mio maestro carissimo: un disgraziato accidente, successo il 22 febbraio 1860, ma ancor più forse la non grande simpatia pel maestro, allontanò il D'Achiardi dalla chimica, la conoscenza profonda della quale tanto però gli fu utile nei suoi mirabili studi. Nel laboratorio del De Luca erano allora aiuti effettivi Orazio Silvestri, che divenne poi ben noto per le ricerche eseguite con molto ingegno, se non con altrettanta correttezza e rigore sui prodotti vulcanici, principalmente su quelli dell' Etna, e G. Ubaldini che solo e col De Luca, col quale andò a Napoli, eseguì diversi lavori di non grande importanza. Insieme col D'Achiardi fu ammesso in questo laboratorio come praticante G. Arcangeli, che iniziati colla chimica i suoi studi, divenne poi un'illustrazione della scienza botanica e della nostra Università (2).

Nel 1862 fu nominato professore Paolo Tassinari, che era allora direttore della Zecca di Bologna e insegnante di chimica docimastica in quella Università. Egli era venuto a Pisa verso il 1850 per studiare scienze naturali e chimica e conseguì poi il diploma di farmacia a Bologna. Allievo carissimo del Piria collaborò con lui in molte delle più importanti ricerche; egli fu che preparò al Piria pei suoi studi varie oncie di populina, sostanza di difficilissima preparazione, e poi, quando il maestro andò a Torino, lo seguì come assistente. Successivamente nominato professore all'istituto tecnico di Alessandria, quando il Cannizzaro da questo passò all' Università di Genova, che dell' ingegno di lui ebbe il frutto più bello, fu in seguito proposto dal Piria, quale il migliore dei suoi allievi, alla cattedra di Genova quando la lasciò il Cannizzaro, e subito poi alla direzione della zecca e allo insegnamento della docimastica in Bologna e, finalmente, alla

---

(1) Nell'*Annuario dell' Università di Napoli* del 1881 si trova un cenno necrologico abbastanza esteso del Prof. S. De Luca.

(2) Vedere la bella e affettuosa Commemorazione del Prof. A. D' Achiardi fatta dal Prof. G. Arcangeli. *Alla Memoria del Prof. Antonio D' Achiardi, XVIII Gennaio MCMIII.* Pisa, Successori Nistri, 1904. Il D'Achiardi lasciò della disgrazia occorsagli una commovente relazione che io ho potuto leggere, per gentile concessione del collega G. D'Achiardi.

Digitized by Google

cattedra di Pisa quando il De Luca passò a Napoli. Nel 1862 il laboratorio fu aperto agli studenti. Ed il Tassinari, per potere degnamente istituire e condurre le esercitazioni pratiche, pensò di recarsi a Heidelberg dal sommo Bunsen, che fu uno dei più ingegnosi, eleganti, precisi e insieme geniali lavoratori del secolo passato; e molto apprese da lui. Da prima nel laboratorio, stante la ristrettezza dei locali, solo pochi poterono essere accettati; poi, adattate le stanze del piano terreno, fu possibile accogliere tutti quelli che, avendo i requisiti, lo desideravano, e anche i semplici cultori di chimica. Certo il nostro fu uno dei primi laboratori in Italia, se non il primo, in cui gli studenti poterono fare un corso ben regolato di esercizi. Nel 1863 troviamo a Pisa, quale preposto all' insegnamento pratico di chimica analitica, Ugo Schiff. A quei tempi coloro che erano a capo dell' istruzione pubblica e i nostri più grandi uomini di scienza, che quasi tutti in gioventù erano andati fuori d' Italia per istruirsi o perfezionarsi, come i chimici nostri del rimanente hanno seguitato a fare, volentieri chiamavano in Italia stranieri illustri, o che già almeno avessero acquistato buon nome nella scienza, perchè qui da noi facessero scuola e insegnassero, non fosse altro coll'esempio: li chiamavano anche quando si suscitassero proteste e malcontenti, perchè troppo vicino era il ricordo della dominazione straniera e alcune delle più belle regioni erano ancora sotto il giogo austriaco, e troppo facilmente si confondeva coll'austriaco il tedesco. Vediamo venire da noi oltre Ugo Schiff, il Lieben, il Naquet, il Kopp, il Koerner: e non è a dirsi che l' opera loro non sia stata fruttuosa per il nostro paese, giacchè tutti svilupparono la passione delle ricerche propriamente dette, alcuni compirono in Italia lavori di primissimo ordine ed agitarono ad ogni modo le questioni più vive della scienza. Lo Schiff era libero docente a Berna ed aveva già un bel nome quando dal Matteucci fu chiamato in Italia, e si fermò nell'estate del 1863 a Pisa, dove non restò che pochi mesi. Fu in questo laboratorio che preparò i composti tra le basi organiche e le aldeidi che poi ricevettero il nome di « Schiff's che Basen » basi dello Schiff; lavorava in una sala assai male provvista al piano terreno, dove ancora non c' era il gas, onde egli doveva fare le analisi elementari col fornello a carbone. Di qui lo Schiff passò a Firenze, quindi a Torino, poi nuovamente a Firenze, cattedre tutte che egli doveva illustrare colla sua

Digitized by Google

profonda dottrina, colla conoscenza grandissima di ogni ramo della chimica, colla mirabile sagacia sperimentale. E vedete ventura del laboratorio nostro, considerato in riguardo all' insegnamento italiano: la maggior parte degli stranieri che furono accolti in Italia, ancorchè eccellenti insegnanti e profondi investigatori, non hanno fatto scuola; ma non così può dirsi dello Schiff, che della chimica italiana è stato ed è in alto grado benemerito, avendo fondato una scuola non numerosa se vuolsi, ma eletta, scuola che ha dato all' insegnamento superiore il Guareschi, il Balbiano, il Piutti e il Pellizzari (1).

Paolo Tassinari dedicò tutto sè stesso all' insegnamento sia dalla cattedra sia in laboratorio: rinunciò con nobile disinteresse alla produzione scientifica, che avrebbe potuto procurargli maggior fama e maggiori onori, per insegnare modestamente agli altri, colla parola, con i suoi libri e coll' esempio, per far quello che non era riuscito a fare il maestro suo amatissimo e venerato. Chiunque lo ha conosciuto sa quale meravigliosa abilità egli avesse, quale fiuto chimico, quale manualità davvero eccezionale egli possedesse, e quindi a nessuno può nemmeno passare per la mente che, se egli avesse voluto, non avrebbe dato alla scienza ottimi lavori sia nella chimica organica, sia in quella minerale e analitica, che conosceva e conosce come nessuno in Italia. Nè fu pigrizia, perchè nell' insegnamento fu infaticabile, occupandosi, anche dopo molti anni, di quelle minuzie di cui pel solito non si cura il professore provetto. Egli fu uno dei primissimi, se non il primo, ad accettare la notazione atomica, la quale appare già nel Sunto di lezioni di Chimica da lui pubblicato nel 1864, a cui tenne dietro la prima edizione del Manuale pubblicato nel 1866; buon manuale e che ebbe il grande merito di diffondere in tutta Italia la riforma importantissima del Cannizzaro e che, notevolmente accresciuto e migliorato, fu ristampato nel 1877 col titolo di Lezioni di Chimica inorganica. Nel 1868 dette alle luce quell' avviamento allo studio della Chimica, quelle sue « trenta lezioni » che sono senza dubbio uno dei migliori libri di questo genere che noi possediamo. Anche adesso io debbo confessare che

(1) Resta del prof. Ugo Schiff nel laboratorio una pregevole collezione di prodotti, alcuni dei quali assai importanti e di difficile preparazione.

Digitized by Google

non saprei trovare nulla di meglio per iniziare un corso di chimica generale, per farvi bene addentrare nell'essenza della scienza nostra, per preparare il terreno allo svolgimento superiore del corso; se pur troppo la cresciuta mole della materia e il diminuito numero delle lezioni, non costringessero gli insegnanti a procedere più rapidamente. Nel 1869 pubblicò la sua Guida ad esercizi di analisi chimica: analisi direi quasi vissuta, non di seconda mano, e che poi divenne un vero e proprio trattato della più grande praticità nella successiva edizione compilata insieme col nostro Antony. Anche di Chimica organica pubblicò un breve sunto per gli studenti; assai schematico, ma pregevole come inizio, come prima guida allo studio (1). Questa produzione didattica del nostro maestro è quasi l'unica italiana dopo i trattati, eccellenti pel loro tempo, del Malaguti e del Piria, e si distingue per sobrietà, chiarezza e precisione. Così qualcuno dei migliori imitasse il suo esempio e ci desse quel trattato italiano di chimica generale, modernamente inteso, che è desiderio dei discepoli e dei maestri! Come professore cattedratico il Tassinari non era certo quello che si chiama un oratore brillante: egli aveva del suo pubblico un altissimo rispetto e, anche dopo molti anni di insegnamento, egli si sentiva penetrato dell'alto suo ufficio quando doveva entrare in lezione, e questo dava a lui una tal quale incertezza in principio; ma la sua esposizione era pur nonostante efficace, perchè improntata a ottimo metodo, perchè le esperienze erano sempre stupendamente immaginate ed eseguite, e poi perchè egli sapeva penetrare e far penetrare meravigliosamente l'uditorio nel meccanismo delle trasformazioni chimiche. Ricordo sempre il godimento intellettuale che provai — quando era già al quarto anno di studio — udendolo sviscerare, sezionare dirò così, la reazione che avviene allorchè il sodio reagisce sull'acqua, e tutti i fenomeni che questa reazione accompagnano. Certo chiunque apprese dal Tassinari, si trovò perfettamente pronto allo studio più

---

(1) Il Tassinari ebbe sempre ottimi concetti didattici: ad Alessandria coll'autorizzazione e il plauso dell'autorità municipale introdusse una riforma didattica importantissima, cioè che l'insegnamento della chimica nel Liceo e nell'Istituto tecnico fossero dati dal professore di chimica e quelli della Fisica dal professore di Fisica, in modo che ciascuno non dovesse insegnare che ciò in cui era più competente. E dire che adesso alla distanza di cinquanta anni, con quel po' po' di progresso che le due scienze hanno fatto, se ne è voluto inconsultamente addossare in alcuni casi l'insegnamento alla stessa persona!

Digitized by Google

profondo della chimica teorica e a quello delle sue applicazioni. Ma dove veramente il Tassinari eccelleva era nell'insegnamento pratico in laboratorio: non esito ad affermarlo: da tutti si riconosceva che in nessun laboratorio esso era impartito così bene come nel nostro. E il laboratorio sino dai primi tempi fu frequentatissimo, non solo da quei pochi che avevano allora obbligatori gli esercizi, ma anche da altri che vi accorrevano per imparare, senza essere da nessun regolamento costretti. Così vediamo negli elenchi, che egli tenne con esemplare regolarità e che noi con ogni cura conserviamo, i più bei nomi dei nostri matematici e fisici, il nostro illustre Dini, il Padova, Dino Padelletti, l'Arzelà, il D'Arcais, il Tonelli, il Volterra, il Ròiti, che fu per due anni assistente con piena soddisfazione del maestro (1); di studiosi di scienze naturali che poi in modo diverso hanno illustrato e illustrano il nostro paese quali il Pantanelli, Florestano De Larderel, Giorgio Sonnino; frequentissimi gli studenti di medicina alcuni dei quali sono divenuti professori e uomini di scienza eminenti come il nostro grande Romiti, il Tizzoni, Agostino Paci, Domenico Barduzzi, Carlo Fedeli, o professionisti apprezzatissimi, come Marco Olivetti, Adolfo Paggi, Achille Ballori.

Il metodo seguìto dal Tassinari nell'iniziare ai lavori pratici, quel corso preparatorio di manipolazioni in cui si ripetevano le esperienze di lezione, e nel quale una larghissima parte era data alle operazioni le più umili, se vuolsi, della nostra scienza — come guida al quale il suo assistente Scurati-Manzoni pubblicò nel 1864 un utilissimo e praticissimo libro — e poi quel lungo insistere nell'analisi per via secca, e, dopo, nell'analisi qualitativa e quantitativa sistematicamente, metodicamente a differenza di quello che si faceva in altri laboratori, esigendo relazioni minuziose e ragionate, costituivano il pregio della sua scuola; e anche pochi anni fa quando io ebbi, non so se la fortuna o la disgrazia di preparare gli schemi pei nuovi regolamenti per gli studi in chimica, proprio quelli che ora sono in vigore, non mi parve di poter nulla di meglio proporre che l'ordine e il metodo che il Tassinari mi aveva insegnato e che io aveva introdotto a Roma come assistente e a Padova come professore.

---

(1) Il Ròiti fu assistente negli anni 1865-66 e 1866-67: l'anno 1867-68 fu nominato aiuto di Fisica. Nel certificato rilasciatogli dal Tassinari era detto che « coprì l'ufficio col massimo zelo e sem- « pre approfittando nelle cognizioni chimiche e nelle esperienze di lezione ».

Digitized by Google

Delle esercitazioni si occupava da sè; da sè mostrava, almeno una volta, praticamente tutto quello che conveniva fare. In una piccola stanza qui al piano terreno, la sera faceva lezione di analisi, spiegando tutto, di tutto dando ragione e facendo poi eseguire dagli allievi, a modo di lezione, una analisi: e, se proprio non poteva, era il migliore dei suoi assistenti che veniva incaricato di questo corso, essenzialmente pratico, ma anche mirabilmente ragionato. Il Tassinari era convinto che le esercitazioni possono essere utili solo quando sieno accompagnate da un vero e proprio corso di analisi. Verità questa che sembra così lenta a farsi strada se si deve giudicare dalle difficoltà che si frappongono all' istituzione dello insegnamento ufficiale della chimica analitica! Anche quando, dopo il 1870, ferveva il lavoro di chimica organica, quando le dovizie che questa scienza dischiudeva erano facili ad acquistarsi e — almeno le minori — anche da chi non lavorava con quella eleganza, quella precisione e quel metodo che gli antichi maestri richiedevano, nel laboratorio di Pisa si pretendeva sempre il massimo rigore congiunto all' eleganza, alla precisa minuziosità nei più piccoli particolari. Mentre in Germania si diceva: è inutile preparare e costruire quello che si può comprare, qui a Pisa si aveva l' altra massima: non si deve comprare quello che il chimico da sè può costruire e preparare. Certo, quando si lavora in ricerche, l' una massima e l' altra troppo rigorosamente intese sono sbagliate, e la verità sta nel mezzo: ma non vi ha dubbio che, nella preliminare preparazione del chimico, è la divisa della nostra scuola che deve prevalere, come non si può negare che il risveglio della chimica fisica e la scuola dell' Ostwald questa divisa hanno rimessa in onore. Pur debbo confessare che allora qualche volta ci ribellavamo: si sapeva che altrove si produceva di più, che non si guardava tanto per la sottile, che i tappi si compravano invece di limarseli, che i prodotti si acquistavano puri invece di purificarseli, che non si esigeva così lunga preparazione per essere ammessi a ricerche originali; e qualche volta si gridava — sommessamente — contro quelle che ci parevano eccessive pretese, quasi pedanterie del nostro buono e carissimo — per quanto talvolta un po' burbero — maestro. Ma quante volte dopo, quando eravamo ormai presi dal lavoro febbrile, dall' ansia della ricerca e della produzione, non abbiamo benedetta la scuola da cui eravamo usciti, che ci permetteva tanta maggior rapidità, tanta maggior sicurezza di altri

Digitized by Google

che, mal pratici, prendevano nel lavoro le vie che a prima vista sembravano più corte! Il laboratorio di Pisa dal 1872 in poi, quando anche in Italia ferveva il lavoro intenso nelle scuole di Roma e di Palermo, fu un istituto che tenne vivo il ricordo dei vecchi, sicuri ed eleganti metodi, che tenne vivo l'amore alla chimica analitica e alla chimica inorganica; e l'azione sua nella formazione dei chimici italiani non credo davvero sia stata trascurabile. Per natura delle cose non poteva essere un laboratorio da dare larga produzione scientifica; ma da qui uscirono ottimi insegnanti degli istituti tecnici quali il Vivarelli, il Marchetti, Gabbriello Tassinari e l'Alessi, che fu ed è del Tassinari uno degli allievi prediletti, come meritavano le sue non comuni doti di dottrina e di ingegno; e poi una lunga schiera di allievi che si dettero alla chimica analitica e applicata, o alle professioni, o all'industria e che coprirono e coprono posti importanti e si son fatto ottimo nome; così Arnaldo Pezzolato, che impiantò il laboratorio chimico dell'azienda dei tabacchi e dei sali, Leobaldo Danesi, lavoratore elegantissimo e operoso, collaboratore del Ciamician a Roma, che divenuto, giovanissimo, direttore della stazione agraria di Palermo, abbandonò il laboratorio per altro campo in cui ugualmente bene può esplicare l'ingegno e l'attività sua; Antonio Longi, analista valentissimo che morì ancora in giovane età direttore del laboratorio chimico municipale di Roma da lui fondato, Almachilde Gazzarrini, Arturo Soldaini, i colleghi Torquato Gigli, il dotto tossicologo, Angiolo Funaro, l'acuto e operoso ricercatore nella Chimica agraria, direttori di quelli di Venezia, di Messina, di Pisa e di Livorno, nomi tutti ben noti nelle nostre discipline; Massimo Tortelli, direttore del Laboratorio delle gabelle di Genova e autore di bei lavori nella chimica merceologica, Giorgio Papasogli la cui recente perdita ancor deploriamo, Alberto Crecchi, che luminosamente dimostra come la professione operosa e fortunata non faccia dimenticere gli insegnamenti della scienza pura. E tra coloro che, dopo aver qui ottenuta la laurea, proseguirono altrove i loro studi ed occuparono degnamente cattedre nell'insegnamento superiore, debbo ricordare Pietro Gucci, esperimentatore che il Piria avrebbe ammirato, e Giovanni Giorgis che insegna con plauso chimica docimastica alla scuola di Roma.

Attratti dalla fama dell'insegnamento analitico, desiderosi di approfondirsi nelle parti fondamentali della nostra scienza, vennero a Pisa,

Digitized by Google

per qualche tempo, o a finire gli studi, allievi di altre Università: ricorderò tra questi il caro e buon amico mio, a me quasi fratello, Augusto Piccini, col quale proprio qui mi legai di quella amicizia che di tanto conforto doveva essere all' uno e all'altro nella vita: crudelmente rapito alla famiglia e agli amici che lo idolatravano, la scienza piange in lui un dotto e geniale pensatore e lavoratore che agli italiani aprì e tracciò il nuovo indirizzo della chimica minerale: e poi Giacomo Bertoni, anima irrequieta di chimico e di poeta, che tutte le scuole aveva provato, tutti i laboratori frequentato e qui trovò quello che egli cercava, come si esprime, il *metodo* e qui finalmente prese la laurea, coi molti suoi lavori, specie con quelli veramente pregevoli sugli eteri nitrosi, ben meritando della scienza, e poi dell' insegnamento, che degnamente tiene nell' Accademia navale di Livorno.

Questi — e non sono tutti — perchè dovrei anche ricordare che non v' è stato concorso in cui la scuola analitica di Pisa non sia riuscita vittoriosa — questi i vanti di ciò che fu per Pisa l' insegnamento del Tassinari!

Ho detto che per essersi dato tutto all' insegnamento e per la sua modestia e anche per l' indole sua, soverchiamente scettica e non giusta estimatrice del lavoro suo, e forse qualche volta nemmeno di quello degli altri, il Tassinari, all' infuori di opere didattiche, non produsse molto (1): nondimeno, oltre i lavori eseguiti nello indirizzo tracciato

---

(1) Tassinari Paolo. *Capacità di saturazione dell' acido salicilico. Nuovo Cimento*, II, 41, 1855. — *Sulla conversione dei nitrati in ammoniaca per l'azione dei corpi riduttori e sopra un metodo molto sensibile per scoprire i nitrati.* P. Tassinari e P. Piazza. *Nuovo Cimento*, II, 450, 1856. — *Sopra un metodo per iscoprire il fosforo nelle ricerche chimico legali. Nuovo Cimento*, IV, 50. 1856. — *Sunto delle lezioni di chimica.* Pisa, 1864. — *Manuale di chimica inorganica.* Pisa, 1866. — *Esercizi pratici nel laboratorio di chimica generale nell' Università di Pisa.* Pisa, Nistri, 1869. — *Avviamento allo studio della chimica.* XXX lezioni. Pisa, 1868. — *Cenni storici e relazione d'analisi chimica delle acque termali di Casciana.* Firenze, 1872. P. Tassinari e Orosi Giuseppe. — *Laboratorio di chimica generale della R. Università di Pisa. Norme per gli esercizi pratici.* Pisa, Nistri, 1873. — *Relazione d'analisi chimica delle acque gassose-acidule alcaline con litina dello stabilimento balneare G. Vannucchi alle antiche terme di S. Martino in Uliveto.* P. Tassinari e G. Marchetti. Pisa, Vannucchi, 1874. — *Lezioni di chimica.* Introduzione. Parte speciale. Tabelle. Pisa, 1877. — *Programma delle lezioni sui composti del carbonio. Anno scolastico 1878 79.* Pisa, Nistri, 1879. — *Ai giurati della ceramica nella Esposizione industriale di Milano.* Pisa, 1881. — *Relazione dell'analisi chimica delle acque degli stabilimenti Mariani alle antiche terme d' Uliveto.* P. Tassinari e G Marchetti. Pisa, Pieraccini, 1882. — *Ai giurati della litografia nella Esposizione industriale di Torino del 1877.* Pisa, 1883. — *Compendio delle lezioni di chimica generale.* Pisa, 1884. — *Precetti d'analisi chimica qualitativa.* P. Tassinari e U. Antony. Torino, Clausen, 1893. Pisa, Pieraccini, 1903.

Digitized by Google

dal Piria, va citata con molto onore quella sua Nota nella quale si dimostra esperimentalmente il meccanismo dell'azione dell'acido solforico sopra i metalli coi quali reagisce a caldo, spiegazione che, anche adesso, è quella generalmente accettata (1). Eseguì insieme coll' Orosi, e rispettivamente col Marchetti e coll'Antony, l'analisi di tre delle acque più celebrate della nostra regione, quelle dei Bagni di Casciana, di Uliveto e del Doccione dei Bagni di Lucca, e queste analisi sono un modello del come si debbano condurre tali ricerche. Ebbe incarichi e mansioni importanti e delicate. Appena venuto qui, egli fu che esaminò il sangue che usciva dalla piaga dolorosa del grande eroe italiano, dopo l' infausto Aspromonte, e da Garibaldi ebbe, con una dedica, la fotografia che egli conserva con gelosa venerazione.

Il Tassinari, oltre che la chimica generale, insegnò, per qualche tempo, quella agraria, e poi ebbe l' incarico della docimastica, insegnamento che impartiva molto bene, giacchè anche nelle applicazioni della chimica egli era veramente competente, e ad esse per natura inclinatissimo, più forse che alle speculazioni pure, per le quali conservava un po' dell'avversione del Piria. Amava Pisa come la sua patria, nè mai pensò di lasciarla. Anzi quando imperversò, per un po' di tempo, la reazione, e si volevano destituire il Carducci e il Piazza, che a Bologna insegnava chimica organica, egli ebbe forti pressioni e lusinghiere promesse perchè si decidesse a passare a Bologna; ma in nessun modo volle accettare, per non danneggiare il collega ed amico suo carissimo.

Nel 1903 il Tassinari, ancor vigoroso e nel pieno possesso della sua forte mente, volle lasciare l' insegnamento perchè gli pareva, per alcuni suoi incomodi che si erano andati aggravando, di non potere ormai fare più il suo dovere come direttore di laboratorio. L'allievo suo carissimo ed il più fido, che mai lo aveva abbandonato, Ubaldo Antony, che spesso già lo aveva supplito, successe a lui come incaricato sino a che alla cattedra non si fosse provvisto in modo definitivo. Nè di Ubaldo Antony, mio antico compagno di studi, dirò

---

(1) La M. va sotto il nome di Giacinto Pacinotti col seguente titolo: *Sopra l' azione del rame, del mercurio, ecc. sull'acido solforico. — Potere riduttore dell' idrogeno libero sull'acido solforico. — Studi per tesi di laurea del dott. Giacinto Pacinotti eseguiti nel laboratorio di Chimica generale della R. Università di Pisa. Nuovo Cimento.* T. XXI-II, 401, 1865-66.

Digitized by Google

molto: non pochi di voi hanno ascoltato le sue lezioni ed hanno ammirato l'ordine, la chiarezza, la dottrina e l'eleganza della sua esposizione: non pochi di voi lo hanno avuto maestro in laboratorio e conoscono quale analista egli fosse, tale da aver conquistato in Italia, nella chimica analitica, e minerale un nome invidiabile. L'Antony è degno allievo del Tassinari, e ne prese forse anco la troppa modestia, la troppa ritrosia, ma insieme la grande precisione, l'attitudine singolare a porsi, così bene come pochi, il problema sperimentale e ad immaginare i mezzi atti elegantemente a risolverlo. Un po' tardi fu fatta giustizia al suo merito ed a lui vanno i miei auguri sulla cattedra che si è conquistato, la più adatta per lui, la prima cattedra di chimica inorganica che sia stata fondata in Italia.

Al Tassinari, per benevolo consenso dei miei colleghi della facoltà di scienze di Pisa, succedo oggi io, e dal profondo del cuore mando al mio primo maestro un saluto che vorrei gli giungesse consolatore e gradito nella quiete della sua villetta! Saluto cui certo si uniranno tutti quelli che son qui convenuti, antichi scolari ed allievi suoi, e che ricordano con affetto e con venerazione il caro maestro ed insieme l'uomo dal carattere austeramente nobile, dall'integrità adamantina; saluto al quale vi unirete voi tutti, giovani carissimi, perchè nulla certo può tornare più dolce al suo cuore che gli auguri ed i voti che gli vengono dagli studenti insieme coi quali passò i più belli anni della sua vita! Siate serenamente felice, caro maestro, e non tristi pensieri aleggino intorno a voi e la commozione che tutti ci possiede vi faccia fede che il ricordo di voi è ancor vivo nei nostri cuori, negli animi nostri!

Signori! Vedete che io non esagerava dicendo che questa cattedra, questo istituto hanno una storia gloriosa, e questa storia addita nettamente la via a colui che al Tassinari è destinato a succedere e gli impongono dei doveri ricchi di onore, ma anche ricolmi di gravi responsabilità e difficoltà, se degnamente si vogliono mantenere le tradizioni.

Io mi sforzerò di essere quello che vollero sempre essere il Piria, il Tassinari e il Cannizzaro, l'altro maestro mio, il maestro della mia

Digitized by Google

intelligenza; il quale in una occasione solenne, gloriosa per lui, vantava come sommo merito suo di essere stato un buon maestro di scuola. Io desidero sopra tutto che impariate, ed è perciò che nel corso di chimica generale io credo mio dovere di rinunziare a una soddisfazione che tutti seduce, quella di dettare un corso mio, ed invece preferisco di seguire un testo e di attenermi a quello abbastanza strettamente, pure esplicandolo ed illustrandolo: ed io spero che nell'illustrazione possa efficacemente mostrarsi l'opera mia, tanto più proficua in quanto che, quando voi verrete ad ascoltarmi, conoscerete già quello che debbo dire, e così anche delle esperienze, che eseguirò, potrete comprendere tutta l'utilità. Nell'altro mio corso, quello di chimica fisica, sarei ben lieto di poter fare lo stesso, riserbandomi di dettare lezioni speciali sopra speciali argomenti in cui potessi esporre le mie idee; ma pur troppo non conosco trattati che si prestino all'insegnamento nè in francese nè italiano; in italiano anzi non ne abbiamo, nè buoni nè cattivi. In laboratorio seguirò le orme del Tassinari e insisterò sopra tutto perchè diventiate dei buoni analisti, sia perchè l'analisi è l'ottima delle scuole, sia perchè la sua profonda conoscenza è tanto più necessaria adesso che quasi tutti i chimici si danno alle industrie; ed insieme procurerò che prendiate esatta conoscenza dei metodi di chimica fisica, anche essi, in relazione colla chimica tecnologica, così importanti. Memore dell'esempio del Tassinari, mi adopererò a che vi sia impartito un corso regolare di analisi chimica che sarà fatto dal mio primo assistente Prof. M. G. Levi. Io sono di avviso — e questa è l'opinione del Cannizzaro, del Paternò e dei più illustri cultori della chimica italiana — che anche all'Università, prima di uscirne dottori in chimica, voi dobbiate avere un'idea almeno delle applicazioni principali della scienza nostra, e, sino a che non sarà possibile di istituire un apposito corso, voi troverete in quello di chimica docimastica, un'esplicazione sufficiente delle principali parti di quella tecnologica. Alcuni altri corsi speciali potranno istituirsi col tempo affinchè si completi la vostra cultura chimica, affinchè voi possiate appagare la vostra bramosìa di sapere, senza, bene inteso, che questi corsi debbano diventare materie obbligatorie di esame.

Ma anch'io come il Piria, come il Tassinari nei primi tempi e negli ultimi ho da lottare contro la povertà dei mezzi, contro la ristrettezza dei locali resasi ormai intollerabile, malgrado il sagrificio mio e

Digitized by Google

le mie cure. Però l'uomo illustre e benemerito che ci onora oggi della sua presenza, quel vigile custode degli interessi del nostro Ateneo, che è il Rettore Prof. Supino, già provvide perchè un'adeguata somma fosse stanziata cosicchè il laboratorio di chimica potesse trasformarsi radicalmente o erigersene uno nuovo: ed io affretterò per quanto mi sarà possibile quel giorno in cui potrò offrirvi stanze più adatte allo studio, al lavoro e alle ricerche. Ma non vi lasciate sgomentare, intanto, voi che intendete di lavorare: i più bei lavori sono stati fatti in locali brutti ed angusti! É specialmente per chi deve cominciare, è specialmente per l'insegnamento pubblico che io desidero stanze più ampie e meglio illuminate. E quanto alle ristrettezze finanziarie, che pur troppo gravano su noi, vi assicuro che farò il possibile per vincere le difficoltà come già ho cercato di renderle minori, con me portando da Padova quelli apparecchi che la munificenza di uno scienziato ed industriale generoso ed illustre il Dott. Ludwig Mond, lo scopritore del nichel carbonile, volle donarmi. Quando sono or quindici anni andai a Padova le condizioni del laboratorio di là non erano migliori: invocai la fiducia e l'ajuto dei giovani, ebbi coraggio e perseveranza e ne fui ricompensato dalla produzione scientifica dei miei allievi e dal loro affetto. Ampia ricompensa delle mie fatiche e delle gravi preoccupazioni che spesso aveva per tirarmi fuori dalle tante strettezze!

Signori, dai maestri non si prende che quello che si può prendere: così il Tassinari non potè trasfondermi la somma abilità sperimentale, nè il Cannizzaro il suo genio: ma spero di avere appreso dall'uno quanto nelle indagini sia necessario il metodo, una sicura base nell'analisi, una conoscenza profonda di tutte le più umili manipolazioni della chimica; dall'altro il gusto e l'inclinazione alle ricerche teoriche, alla speculazione, alla meditazione sui problemi fondamentali della scienza; dall'uno e dall'altro insieme, l'amore pei giovani che volenterosi muovono i primi passi; e dal Cannizzaro poi il desiderio che si lavori, che si produca, l'interesse per ogni problema nuovo, l'entusiasmo pel lavoro degli allievi e — pur troppo — una certa prodigalità nel fornire i mezzi perchè il lavoro non si fermi o non cessi. Io vi assicuro che tutte le volte che da voi mi verrà un resultato nuovo, che mi proporrete di tentare un'esperienza, che scoprirò in voi il germe di un'osser-

Digitized by Google

vazione profonda o originale, farete battere di gioja giovanilmente il mio cuore!

Ed ora, o signori, un augurio che riassume la storia del nostro istituto, un augurio che faccio a coloro che qui lavoreranno: possiate avere l'entusiasmo nel concepire il lavoro del Cannizzaro, la sua profonda meditazione nell'idearlo; la calma, il prudente scetticismo del Tassinari nell'eseguirlo; l'acume nel vagliare i resultati e nel trarre le deduzioni del Piria! Augurio migliore di questo nessuno potrebbe farvi!

Digitized by Google

ISTITUTO D' IGIENE DELLA R. UNIVERSITÀ DI PISA

DIRETTO DAL PROF. ALFONSO DI VESTEA

D.r FILIPPO NERI aiuto e D.r GASTONE GHERARDI assistente onorario

RICERCHE CHIMICHE E BATTERIOLOGICHE

SULLE ACQUE DEL FIUME MORTO

(Contributo allo studio della purificazione spontanea dei fiumi)

Digitized by Google

Digitized by Google

RICERCHE CHIMICHE E BATTERIOLOGICHE

SULLE

ACQUE DEL FIUME MORTO *

PARTE PRIMA

RIVISTA CRITICA SULLA PURIFICAZIONE SPONTANEA DEI FIUMI

Intesa in un senso molto largo e puramente naturalistico, come tendenza a liberarsi, in determinate condizioni, degli elementi tenuti in sospensione e anche di alcuni disciolti, l'epurazione spontanea delle correnti superficiali è un processo che si viene effettuando continuamente, in tutti i corsi d'acqua, anche in quelli fuori della influenza della vita animale e della industria umana.

Una tale epurazione naturale è il risultato di una serie di fenomeni fisico-chimici e chimico-biologici, sui quali, in una brillante *Rivista critica* del 1894 e poi nel suo classico *Trattato di microbiologia* (1898), il *Duclaux* ha richiamata l'attenzione.

---

* La mole del lavoro, sia per le operazioni di prelevamento, sia per le ricerche di laboratorio, sia infine per l'esame e per la critica dei dati bibliografici, è stata tale da richiedere la collaborazione continua di ciascuno di noi in ogni parte di questo studio.

Tuttavia dobbiamo dichiarare che uno di noi (Neri) ha curato in modo particolare la redazione della *Rivista critica* e della *Descrizione del Fiume Morto* e l'esecuzione delle ricerche riguardanti la determinazione dell'*ossigeno disciolto*, dei *cloruri* e della *resistenza elettrica*, mentre all'altro (Gherardi) spettano più specialmente la redazione delle *Note di tecnica* e della *Descrizione generale delle osservazioni*, e le ricerche attinenti all'*esame batteriologico*, al *residuo fisso*, alle *ceneri*, alle *sostanze organiche*, all'*ammoniaca*, *nitriti* e *nitrati*.

Compiamo il gradito dovere di porgere pubblicamente vive azioni di grazie all'Ufficio dei Fiumi e Fossi di Pisa, il quale ci è stato largo di informazioni e di facilitazioni durante il periodo delle nostre ricerche.

Digitized by Google

Un fiume, che attraversando praterie torbose, si carichi di sostanze organiche e d'acido carbonico, se avviene che incontri poi, sulle rive o sui ciottoli del letto, del carbonato di calcio, ne discioglierà una certa quantità, in ragione della sua ricchezza in acido carbonico. Ma questo ben presto si disperderà nell'atmosfera, e il carbonato di calcio, ritornato insolubile, precipiterà e si depositerà lentamente sul fondo, in forma d'una massa semigelatinosa, vero feltro minerale impregnato di sostanze organiche. Analogamente si formerà un precipitato e un sedimento purificatore, se in un fiume carico di argilla verranno a mescolarsi acque di fondo contenenti cloruri o sali ammoniacali, oppure se in un fiume contenente sostanze organiche facciano capo acque del sottosuolo contenenti in soluzione bicarbonato di calcio o sali di ferro.

Un'acqua di sorgente ricca di bicarbonato di calcio, divenendo acqua superficiale, andrà di mano in mano perdendo la sua durezza transitoria.

Sono questi tutti fenomeni d'epurazione naturale, nel dominio dei fenomeni fisico-chimici, e tali sono, nel campo chimico-biologico, le scomposizioni cui soggiacciono i resti ed i prodotti animali e vegetali che, in un modo qualsiasi, pervengano in un corso d'acqua, anche indipendentemente dalla vita umana.

E, da un punto di vista ancor più generale, che altro è se non una continua, grandiosa epurazione naturale la distillazione solare, che le acque superficiali ci rende chimicamente e biologicamente pure sotto forma di precipitazioni atmosferiche nei laghi alpestri e nei ghiacciai, onde i fiumi traggono origine?

Ma l'epurazione spontanea dei fiumi, nel senso scientifico convenzionale, non abbraccia sì grande estensione di fenomeni naturali. L'insieme delle nostre conoscenze attuali sulla purificazione spontanea delle acque correnti è precisamente il frutto degli studi compiuti sopra i fiumi inquinati con i rifiuti della vita umana. Questi studi ebbero origine dalla preoccupazione e dalle proteste suscitate da gradi d'inquinamento così alti, da offendere il senso igienico delle popolazioni e da riuscire veramente molesti e dannosi alla salute, a causa delle fetide esalazioni.

Lo smaltimento dei materiali di rifiuto, costante preoccupazione dei centri urbani, si presentava singolarmente comodo a farsi nei fiumi; questi, fin dall'antichità, furono riguardati come i collettori naturali dei rifiuti cittadini, finchè l'aumento progressivo della popolazione e l'incre-

Digitized by Google

mento delle industrie non ebbero trasformato in vere fogne infette un grande numero di corsi d'acqua: è il caso del Tamigi circa mezzo secolo fa e della Senna, ancor non sono molti anni, quando questi due fiumi ricevevano la totalità dei rifiuti delle due capitali. Per tal modo il problema, semplificato quanto alla via di smaltimento, non tardò ad esigere uno studio approfondito, per quanto si riferiva alla quantità da immettere nel corso d'acqua. S'impose però la necessità della conoscenza esatta della portata del fiume da una parte e della quantità degli scoli cittadini dall'altra.

A questo proposito riportiamo dal *Büsing* (1894), dal *Weyl* (1897) e dal *Blasius* (1894) alcuni dati numerici a dimostrazione della grande variabilità quantitativa e qualitativa dei rifiuti cittadini liquidi:

Composizione delle acque luride di grandi città a sistema promiscuo, o separatore.

	RAPPORTO DEGLI ESCREMENTI	ACQUA LURIDA per testa e per giorno in lit.	RESIDUO FISSO mg. in 1 l.	COMPOSIZIONE DEL RESIDUO mg. in 1 l. = g. in 1 m.³				AZOTO mg. in 1 l. = = g. in 1 m.³	
				sostanze sospese		sostanze disciolte			
				inorganiche	organiche	inorganiche	organiche	per 1 m³	per testa e per giorno in g.
Media di 12 città inglesi, con latrine ad acqua	1	180	1169	242	205	722		85	15
Londra, media annuale. . . .	1	200	1257	354	258	645		80	16
» dopo un acquazzone. .	1	—	2973	1828	514	631		74	—
Berlino, media annuale. . . .	1	100	1425	217	453	506	249	70	7
Danzig	1	180	1265	216	379	499	171	65	12
Francoforte s. M., con tempo secco	0.7	100	1006	76	72	573	285	47	5
» con tempo piovoso	0.7	320	1488	797	203	238	250	67	21
» al bacino chiarificatore	0.7	180	2241	377	919	364	581	115	21
Zurigo	0.8	400	608	36	92	298	182	114	45
Media di 15 città inglesi, con regime misto	0.4	150	1215	178	213	824		73	11
Parigi, media annuale	0.3	150	2395	1050	515	572	258	45	7
Wiesbaden	0.2	345	1947	40	34	1780	93	23	8
München	0.2	465	671	40	80	361	190	—	—
Bremen	0	—	—	571	—	1109		60	—
Essen	0	190	1161	105	213	613	230	106	20
Halle	0	90	3000	600	500	1200	700	140	13

I numeri della prima colonna di questa tavola esprimono, in forma di frazione, la parte della popolazione che può legalmente immettere le deiezioni nelle fogne.

Digitized by Google

Le grandi oscillazioni dei valori ora ricordati dipendono certo in parte da differenze di metodo, e i valori stessi si prestano solo a confronti molto approssimativi.

Risulta tuttavia evidente che le deiezioni non sono la sola sorgente dell'azoto delle acque di fogna: infatti la quantità d'azoto contenuta in 1 m.³ di acqua di fogna non sta in alcun manifesto rapporto con la quantità d'acqua lurida fornita per giorno e per testa. La quantità di azoto fornita per giorno e per testa oscilla, entro limiti molto ampi (5-45), intorno a un valore medio di 11-13 g.

È specialmente degno di nota il fatto che anche in città, in cui è vietata l'immissione degli escrementi nelle fogne, questo valore medio viene superato, mentre d'altra parte in città, in cui tale immissione è illimitatamente permessa, la quantità d'azoto scende quasi alla metà. Così, confrontando fra loro i valori relativi ai due grossi gruppi di città inglesi, di cui il primo munito di latrine ad acqua, il secondo di fogne fisse (regime misto) si vede come la quantità di azoto per testa e per giorno delle acque di fogna differisca poco (11-15) nei due gruppi. Analogo confronto si può fare tra Lilla e Roubai: la quantità di azoto delle acque luride della prima città per litro è di 20 mg.; questo valore sale a 71 mg. per la seconda città; eppure tutte e due le città sono munite di fogne fisse.

Queste grandi differenze e quelle che si rilevano dalla tavola sono senza dubbio dipendenti dal diverso consumo d'acqua e dalla diversa attività industriale. Le acque industriali portano alle fogne cittadine una enorme quantità di sostanze organiche putrescibili. Riportiamo qui sotto, in mg. per litro, la quantità dei più importanti componenti di alcune acque industriali:

	SOSTANZE ORGANICHE mg. in 1 l.		AZOTO ORGANICO mg. in 1 l.		AMMONIACA mg. in 1 l.	OSSIGENO CONSUMATO mg. in 1 l.
	sospese	disciolte	delle sostanze sospese	delle sostanze disciolte		
Scoli di macelli	297		48		—	74
» del macello di Erfurt . .	1101	1320	87	171	—	547
» di concerie	1470 *		3		416	—
» di fabbrica di birra . . .	362	345	43	14	—	172
» di distilleria	6921		278		—	2560
» di fabb. d'amido di cereali	3775		1465		—	—
» di » » di patate	1134		140		37	—
» di » di carta di paglia	146	2267	79		—	—
» di oleifici	540	77 *	238		195	—
» di fabbriche di colla . .	306	2303	22	73	—	281
» di lanificio	640	776	45		—	295
» di tintoria	1345		20		—	—

N.B. Le sostanze organiche sono calcolate come perdita all'arroventamento.

* Come carbonio organico.

Digitized by Google

Infine, dal seguente quadro si può desumere un criterio sintetico sull'argomento:

% del residuo.

	MATERIE SOSPESE			MATERIE DISCIOLTE		
	Totale	organiche	minerali	Totale	organiche	minerali
Canale nero	41.0	22.4	18.6	59.0	13.7	45.2
» bianco	77.8	13.7	64.1	22.2	3.5	18.7
» promiscuo	69.5	15.6	53.9	30.5	5.8	24.5
Cartiere	36.3	17.8	18.5	63.7	23.9	39.8
Lanifici	58.4	—	—	41.6	—	—
Cotonifici	34.1	—	—	65.9	—	—

Il *Rubner* (cfr. o. c., 1903, p. 15) nota che le sostanze sospese, tra i componenti delle acque di rifiuto, meritano il più grande interesse; esse danno alle acque luride la loro impronta caratteristica, e rappresentano una gran parte delle sostanze presenti.

***

Intorno alla metà del secolo scorso, molte città facevano sboccare le loro fogne nei vicini fiumi; e, paghe di allontanare da sè i propri rifiuti in un modo così rapido ed economico, non si preoccupavano menomamente di quanto accadeva nel tratto del fiume a valle. Ma l'enorme insudiciamento di molti corsi d'acqua attirò ben presto l'attenzione delle pubbliche Amministrazioni e degli igienisti. Si debbono all'Inghilterra le prime indagini scientifiche sopra l'inquinamento dei fiumi; in quel tempo, i fiumi inglesi, per la loro relativa piccolezza, e per l'intensità della vita industriale svolgentesi sulle loro rive, erano in così alto grado inquinati, che lo Stato riconobbe la necessità di porre riparo allo sconcio. E a questo scopo nominò una Commissione che aveva per titolo: « *Commissioners appointend in 1868 to inquire into the best means of preventing the pollution of rivers* ». Seguendo l'iniziativa inglese, tutti i grandi fiumi di

Digitized by Google

Europa furono studiati dal punto di vista del loro inquinamento. Pochi cenni descrittivi ed alcuni dati numerici, da confrontarsi con quelli testè riportati sulle acque di rifiuto, basteranno a dare un' idea dell'alto grado d' inquinamento che un fiume può raggiungere, quando in esso, senza alcuna norma, si facciano sboccare le fogne cittadine.

Al tempo in cui la Commissione inglese ricordata iniziò le sue indagini sui fiumi di quel paese, il *Bradford Beck* (cfr. *Fischer*, o. c., p. 114; e *Weyl*, o. c., p. 394) dalla città di Bradford riceveva i rifiuti di 140,000 persone, e gli scoli di 168 lanifici, 94 fabbriche di tessuti, 35 tintorie, 10 cotonifici, 7 fabbriche di colla, 10 fabbriche di prodotti chimici, 3 concerie e 3 fabbriche per l' estrazione del grasso. L' inquinamento dell' Irwel era provocato dagli scoli di 235 fabbriche, in un tratto limitato di circa 7 $^3/_4$ miglia tedesche, ed inoltre dagli scoli cittadini di Manchester e di parecchie città e fabbriche situate lungo gli affluenti. Nell' Aire e nel Calder si versavano specialmente gli scoli di lanifici. Di questi fiumi la Commissione inglese, nella sua Relazione, fece il seguente quadro:

« Vengono abusivamente gettati nei corsi d' acqua centinaia di migliaia di tonnellate di ceneri, di resti di carbone, di scorie dei focolari delle caldaie a vapore, delle ferriere, delle stufe domestiche; grandi masse di rottami e vecchi oggetti metallici, di calcinacci provenienti dalle fornaci o dalle vecchie costruzioni, di ferro, di pietre e sabbia provenienti dalle cave; il sudiciume delle strade, la spazzatura delle vie, i legni da tintoria esauriti, e simili sostanze. Centinaia di carogne, cani, gatti, maiali, ecc., galleggiano intorno, o marciscono sulle rive. I corsi d' acqua debbono convogliare giornalmente milioni di metri cubi d' acqua carica di rifiuti delle miniere, degli stabilimenti chimici, delle concie, delle tintorie, delle lavanderie di lana e di filati, delle gualchiere, degli scoli dei macelli e dei rifiuti cittadini e domestici, e però putrescibili e tossiche ».

L' impressionante descrizione viene completata dai seguenti dati numerici (cfr. *Weyl*, o. c., p. 395):

Digitized by Google

Inquinamento di fiumi inglesi

mg. in 1 l.

		RESIDUO	CARBONIO ORGANICO	AZOTO ORGANICO	AMMONIACA	AZOTO DEI NITRATI E NITRITI	AZOTO TOTALE	CLORO	DUREZZA (gradi inglesi)	SOSTANZE SOSPESE	ARSENICO	TEMPERATURA C.°
Irwel	presso la sorgente (estate 1869)	78	1.87	0.25	0.04	0.21	0.49	11.5	37.2	0	0	—
	sotto Manchester (» »)	558	11.73	3.32	7.40	7.07	16.48	96.3	229.2	54.2	0.22	—
Mersei	alla sorgente (Luglio 1868).	76.2	2.22	—	0.02	0.21	0.23	0.4	53.2	0	—	—
	sotto Stokport (» »)	395	12.31	6.01	6.22	0	11.13	—	155.5	?	—	—
Bradford-Beck	a monte di Bradford (Ottobre 1869)	440	3.49	0.81	1.05	2.68	4.35	18.7	118.6	tracce	0	13.8
	a valle di Bradford (» »)	755	40.24	3.92	12.20	—	13.97	54.5	245.1	520.0	0.02	30.5
Senkey	a monte di St. Helens (Maggio 1868)	308	11.74	0.79	0.11	1.23	2.11	31.3	158.9	20.6	0.05	—
	a valle di St. Helens (» »)	4072.5	14.43	2.24	3.50	1.01	6.13	1962.0	?	191.1	?	—*
Aire	alla sorgente	157	1.65	0.07	0.01	0.17	0.25	9.9	?	0	0	—
	a valle di Leeds	375	13.50	1.27	6.11	3.24	9.54	32.0	?	54.0	0.1	—

* 685.1 mg. di acido cloridrico libero.

Digitized by Google

L' alto contenuto di questi fiumi in sostanze organiche dava luogo a intensi fenomeni putrefattivi durante la stagione calda: sotto Manchester, il fiume Irwel, largo circa 40 metri, era coperto, alla superficie, da una spessa poltiglia di sterco; grosse bolle salivano dal fondo e lentamente scoppiavano empiendo l' aria per un buon tratto intorno, col lezzo dei prodotti gazosi della putrefazione: la temperatura dell' acqua era di 24° C, quella dell' aria soltanto di 12° C.

Alla Relazione ufficiale della Commissione inglese è allegato il fac-simile d' un foglio scritto con le acque del Bradford-Beck: il foglio era tinto con cromato di piombo: nei punti in cui i tratti di penna sono fatti con acqua putrida contenente acido solfidrico, la carta appare tinta in bruno, mentre negli altri punti rimane conservata la tinta gialliccia del cromato di piombo.

Non meno impressionante è la descrizione che il *Durand-Claye* (cfr. *Weyl,* o. c., p. 392) faceva, nel 1895, delle condizioni della Senna:

« A monte di Parigi, nel tratto attraverso la capitale e ancora tra le fortificazioni e Asnières, la Senna presenta un aspetto soddisfacente, almeno alla semplice ispezione superficiale.... Qua e là, sulle due rive, sboccano pochi canali luridi non ancora riuniti al collettore; ma ben presto questi rivoletti d' acqua impura scompaiono nella massa del fiume. I pesci vivono in tutta la larghezza del fiume; vegetali superiori crescono sulle rive; il fondo della Senna è formato di sabbia bianca. A valle del ponte d' Asnières la scena cambia bruscamente; quivi sulla riva destra della Senna trovasi lo sbocco del grande collettore di *Clichy*. Una considerevole corrente d' acqua nerastra esce da questo collettore e si spande nel fiume, formando una curva parabolica, limitata, in tempo ordinario, alla metà della larghezza del fiume, estesa invece, fino quasi all' opposta riva, durante temporali. Quest' acqua è carica d' ogni sorta d' avanzi: legumi, tappi, peli, capelli, carogne, ecc.; essa è ordinariamente ricoperta d' una schiuma grassa che, secondo la direzione del vento, s' accumula sull' una o sull' altra riva. L' acqua lurida occupa la metà della larghezza del fiume e ne copre il fondo d' una melma nerastra, che finisce col formare dei veri interramenti. Ivi, per l' eccesso della materia organica, ha luogo un attivo processo di fermentazione che si manifesta colla formazione d' innumerevoli bolle di gas le quali, nella stagiona calda, possono raggiungere 1-1,5 m. di diametro. Per un tratto di parecchi chilometri, le acque del fiume tramandano un putrido odore. Sopra alcuni tratti la vita animale e vegetale è assolutamente abolita. A Saint-Denis, il collettore dipartimentale vomita una nuova massa fetida; e tra Saint-Denis e Epinay, un affluente, la Croult, porta un nuovo contingente d' acque industriali, che aumentano l' inquinamento del fiume ».

Digitized by Google

Ecco dei casi in cui il fiume rimane, per così dire, sopraffatto dall'eccesso di rifiuti liquidi, fino a trasformarsi esso stesso in una vera e propria fogna.

In queste condizioni, facilmente intervengono fenomeni putrefattivi, specialmente nella melma accumulatasi sul fondo del corso d'acqua, e nonostante gli attivissimi processi di scomposizione, non si può parlare di una vera e propria purificazione spontanea. La scomposizione della materia organica non avviene in forma d'una lenta ossidazione, ma come putrefazione, caratterizzata dal consumo talvolta fino alla scomparsa dell'ossigeno disciolto nella massa dell'acqua, e dalla produzione di gas fetidi.

Di fronte a così grave danno, non può apparire eccessiva la severità delle leggi inglesi, per la tutela dei fiumi, severità basata sulla giusta persuasione che i fiumi inglesi, per la loro relativa piccolezza, non sono adatti ad effettuare una soddisfacente purificazione spontanea. Eccessivo sarebbe voler generalizzare tale severità, senza tener conto del fatto bene accertato che fiumi di altri paesi posseggono le condizioni più opportune per una purificazione spontanea completa. La Senna, per esempio, anco al tempo del suo massimo inquinamento, riprendeva a valle di Parigi, dopo un tragitto non molto lungo (a Meulan) il suo aspetto e la sua composizione normale.

È chiaro che, a questo punto, i fattori della purificazione, che, come vedremo, si compendiano tutti nel fattore biologico, hanno avuta ragione di tutta la parte dei materiali organici solidi, che non si è depositata sotto forma di melma, lungo il tragitto del fiume, e questa melma, solo in parte asportata mediante cavafanghi, rappresenta solo una parte del peso totale di materia solida portata dalle fogne. I microbi hanno inoltre avuto ragione di quasi tutti gli elementi in soluzione, e questi elementi formano una frazione notevole dell'insieme. Insomma, salvo la parte asportata con cavafanghi, tutto è scomparso dei 300,000 chilogrammi di materia organica solubile, e dei 500,000 a 600,000 chilogrammi di materie sospese vomitate da Parigi, e tuttociò è scomparso nel breve tragitto tra Parigi e Meulan (*Duclaux,* l. c., p. 523). I numeri del seguente quadro esprimono appunto la entità dell'inquinamento, e il

Digitized by Google

modo come si compiva la purificazione spontanea della Senna, nel 1875, al tempo degli studi di *Schlösing* e *Durand-Claye:*

PUNTO DI PRELEVAMENTO DEI CAMPIONI	AZOTO ORGANICO g. in 1 m.^{3}	AZOTO TOTALE (compreso NH_3) g. in 1 m.^{3}	OSSIGENO DISCIOLTO cm.^{3} in 1 l.
Ponte d'Asnierès. A monte del collettore	0.85	1.89	5.34
Sbocco del collettore di Clichy	—	25.05	—
Clichy. Braccio destro	1.51	4.00	—
Saint-Ouen. Braccio destro	1.16	2.00	4.07
Saint-Denis. A monte del collettore	—	2.00	2.65
Saint-Denis. Sbocco del collettore dipartimentale	—	98.00	—
Saint-Denis. A valle del collettore e del Croult	7.27	11.29	1.02
Epinay. Braccio destro	1.26	3.00	1.05
Bezons. Tutta la larghezza della corrente	0.87	1.90	1.54
Marly. Braccio sinistro	0.78	3.50	1.91
Saint-Germain	0.76	2.20	—
Maison-Laffitte	0.79	2.50	3.74
Poissy	0.45	2.20	6.12
Meulan	0.40	—	8.17
Mantes (110 km. a valle di Parigi)	—	—	8.96

Il contenuto d'ossigeno delle acque della Senna a Vernon e a Rouen è di cm.^{3} 10.4 per litro: a Mantes dunque il tenore normale è ristabilito.

Il Tevere ci offre un esempio classico di purificazione spontanea: in esso si scaricano, da più di duemila anni, tutti i rifiuti di Roma, senza manifesto infangamento del corso d'acqua; e la millenaria esperienza ha avuto la sanzione scientifica per opera degli studi di *Celli* e *Scala* (1890; cfr. anche *Spataro,* 1907).

Nel Tevere infatti, fiume di assai rapido corso, che porta in media 180 m.^{3} d'acqua per minuto secondo, riversandosi in media giornalmente 60,000 chilogrammi di sostanze organiche della città di Roma, secondo i calcoli di *Celli* e *Scala,* la composizione rimane quasi immutata perchè la quota di sostanza organica, immessa colle acque di fogna, per litro di acqua di fiume sarebbe appena di 0.3 mg.

Cappelletti e *Vivaldi* hanno calcolato che se la città di Padova versasse nel Bacchiglione, che l'attraversa, tutti i suoi rifiuti (chilo-

Digitized by Google

grammi 8000 di sostanze organiche al giorno), il contenuto delle acque del fiume in sostanze organiche aumenterebbe solo di 6 milligrammi per litro.

L'esperienza adunque ha dimostrato che esiste effettivamente una purificazione spontanea dei fiumi inquinati, intesa come scomparsa delle sostanze inquinanti, che all'acqua vengono portate mediante i rifiuti della vita cittadina.

Non è però necessario rinunziare, in modo assoluto, a un mezzo così comodo ed economico di smaltimento qual'è quello dell'immissione nei corsi d'acqua; è d'uopo bensì studiare i limiti, le condizioni, i fattori dell'epurazione spontanea dei fiumi.

A questo criterio s'informano le disposizioni legislative vigenti in Germania, seguendo alcune norme pratiche, già sostanzialmente stabilite da *Pettenkofer* (1891). Perchè, secondo queste norme, l'epurazione spontanea si compia senza danno della pubblica igiene, si richiede che:

1.° L'epurazione si effettui in un tratto, a valle della città, sufficientemente lungo e affatto disabitato;

2.° La diluizione degli scoli nell'acqua del fiume sia almeno di $^1/_{15}$ o di $^1/_{20}$ in condizioni di magra;

3.° La velocità nel collettore non sia superiore alla velocità minima del fiume;

4.° Venga impedito lo sbocco nel fiume di scoli industriali che, per la loro composizione chimica, impedirebbero il processo biologico della purificazione spontanea.

***

Tali i resultati pratici degli studi istituiti sui più importanti corsi d'acqua; dal lato teorico, questi studi hanno messo in evidenza l'estrema complessità del fenomeno, in cui fattori fisici, fisico-chimici e chimico-biologici si intrecciano, si sovrappongono, e in varia misura contribuiscono al risultato di liberare il fiume dall'inquinamento.

Digitized by Google

I fattori della depurazione spontanea dei fiumi, generalmente considerati dagli autori sono:

1.° Luce;
2.° Temperatura;
3.° Movimento dell'acqua;
4.° Presenza di ossigeno;
5.° Attività biologica;
6.° Lunghezza del fiume e velocilà della corrente;
7.° Sedimentazione;
8.° Diluizione.

Una tale distinzione non avrebbe ormai più alcuna ragione di esser fatta, se non forse quella di ricordarci le varie fasi della teoria della purificazione spontanea fluviale. Noi possiamo seguire passo passo l'evoluzione di questa teoria. Si cercava dapprima di spiegare tutto il processo, con semplici fatti fisico-meccanici (sedimentazione, diluizione, luce, temperatura, movimento dell'acqua), o chimici (attività ossidante diretta dell'ossigeno atmosferico). Le prime ricerche (fiumi inglesi, Senna) furono di natura essenzialmente chimica. Il *Pasteur* (cfr. *Kolkwitz,* o. c., 1906, p. 372), nel 1877, avendo già da un decennio riconosciuta la dipendenza d'alcuni fenomeni ossidativi e riduttivi dalla vita microbica, istituì le prime ricerche batteriologiche nelle acque della Senna. Un progresso decisivo fu fatto nel 1882, quando il *Koch* (cfr. *Kolkwitz,* o. c., 1906, p. 373) introdusse nell'analisi biologica il prezioso mezzo delle colture in terreni solidi. D'allora in poi, nello studio dell'inquinamento e della purificazione fluviale, fu data sempre maggiore importanza all'esame non soltanto dei microbi, ma di tutti gli esseri viventi, animali o piante, abitatori delle acque, del fondo, delle sponde del fiume. Ci fu anzi un periodo che l'esame chimico fu affatto trascurato e si pretese di ridurre un processo tanto complesso ai minimi termini della scomparsa dei batteri, o dell'attività saprofitica di alcune piante.

In questi ultimi anni, numerosi studi compiuti su diversi corsi d'acqua, specialmente in Germania, hanno dimostrato che la purificazione

Digitized by Google

fluviale va considerata come un fenomeno biologico inteso non solo come scomparsa dei microrganismi, eventualmente patogeni, portati al fiume dalle acque luride, ma come serie complessa di trasformazioni biochimiche compiute sulle sostanze organiche inquinanti dagli esseri viventi che popolano il fiume stesso. Ed inoltre si è venuto affermando sempre più il concetto che, nel compiersi di questo fenomeno biologico, ogni corso d'acqua presenta una fisonomia propria (*Kolkwitz,* 1903; *Kolkwitz* e *Marsson,* 1902). Chi dunque si accinga a presentare in una sintetica esposizione lo stato attuale delle nostre conoscenze sulla purificazione fluviale, deve tener conto dei molteplici risultati parziali, talvolta solo apparentemente contradittori. Comunque, in mezzo alle differenze dei casi particolari, rimane fermo il concetto che il vero fattore della purificazione spontanea dei fiumi è uno solo: il fattore biologico.

Soltanto per comodo di esposizione, in questa rivista critica della questione, serberemo, almeno parzialmente, la distinzione dei fattori suddetti.

1.° Luce. — Secondo *Buchner* (1893), la luce avrebbe molta importanza nel produrre la diminuzione dei batteri nelle acque dei fiumi inquinati, sopratutto poi avrebbe una importanza nel determinare la morte dei germi patogeni (specialmente tifo, colera). Buchner osserva che l'impedimento frapposto dalla torbidezza del fiume alla penetrazione dei raggi solari viene in ogni caso compensato dal continuo mutamento negli strati dell'acqua corrente, di cui i più profondi finiscono col giungere alla superficie.

In un giorno sereno, preceduto da una serie di belle giornate, a 10 km. a monte di Monaco, l'A., dalle ore 18 alle 6 del giorno seguente, ad intervalli di 1-2 ore, prelevò campioni a circa 25 cm. di profondità, in un punto determinato del fiume Isar, che in quel giorno era d'una grande limpidezza: la temperatura oscillò, durante l'osservazione, tra 7° e 8° R. Si ebbe il minimo numero di batteri alle ore 20.45 e il massimo alle 4 del mattino.

La ricerca fu ripetuta, con identico risultato, 30 Km. a valle di Monaco, nonostante che al mattino (massimo contenuto batterico) dovessero essere giunti in quel punto gli scoli della notte meno ricchi in batteri.

Dieudonné (cfr. *Weyl,* o. c., p. 453), poi, trovò che i raggi più attivi sono i bleus, i violetti e gli ultravioletti. Da noi il *Procaccini* (1893) e in Germania il *Mutschler* (1896) hanno assegnato una grande importanza alla luce come fattore della purificazione fluviale, essenzialmente per la sua azione battericida.

Digitized by Google

Ma la maggior parte degli autori che si occuparono in seguito dell'argomento, trovarono esagerata l'importanza da *Buchner* assegnata alla luce nella purificazione dei fiumi. *König* (1900), in sue esperienze, non potè riscontrare alcuna notevole influenza della luce nella purificazione spontanea dei fiumi; *Spitta* ebbe a persuadersi che gli agenti disgenesici dei batteri, come la luce, ritardano o arrestano il processo di purificazione; in nessun modo lo favoriscono.

2.° **Temperatura.** — È noto che, in estate, suole il contenuto batterico dei fiumi esser più grande che in inverno. Molte ricerche [*Prudden, Bordoni-Uffreduzzi, C. Frankel, Karlinski, Abel, Uffelmann, Montefusco, Frankland, Pransuitz* (cfr. *Weyl*, o. c., p. 454)] dimostrano che nelle nostre latitudini, le basse temperature riescono a lungo andare battericide, specialmente per i batteri potogeni. Poichè i batteri partecipano attivamente al processo della purificazione, questa sarà ritardata dal freddo. Un certo grado di temperatura è dunque una condizione essenziale perchè l'ossidazione delle sostanze organiche si compia. Vi sono temperature che molto attivamente favoriscono questi processi ossidativi, e altre che li ostacolano o anco li arrestano. *Schlösing* e *Muntz* (cfr. *Pagliani*, o. c., p. 251) trovarono che la nitrificazione cessa quasi del tutto al disotto di 5° C., si attiva sensibilmente a 12° C., per raggiungere il massimo a 37° C.; a parità delle altre condizioni, l'ossidazione si fa 10 volte più attiva a 37° C. che a 14° C. Col crescere ancora la temperatura sopra tale limite, diminuisce la produzione di nitrati e di nitriti, e si sospende assolutamente a 55° C. Tutti questi fenomeni ossidativi si manifestano perciò molto più attivi fra primavera e autunno che in inverno.

In base a questo fatto (che sta in rapporto con la legge biologica generale che il freddo rallenta i processi vitali), dovremmo aspettarci d'inverno un aumento di sostanze organiche, nei corsi d'acqua destinati allo smaltimento di rifiuti liquidi cittadini. Ciò in effetto si verifica spesso, senza alcun danno igienico, poichè il freddo, se da una parte rallenta o addirittura arresta i processi d'ossidazione delle sostanze organiche morte, d'altra parte su queste stesse sostanze esercita una specie d'azione antisettica, che le preserva da una rapida scomposizione prima che giungano al mare.

3.° **Movimento.** — Secondo *Schmidt* (cfr. *Weyl*, o. c., p. 454), i batteri vengono lesi nella loro vitalità solo da uno scotimento molto violento e prolungato; in queste condizioni, i batteri possono andare incontro ad alterazioni morfologiche, molto manifeste; così *De Rossi* (1904), nei suoi studi sopra i fenomeni di agglutinazione dei batteri, ha osservato che i bacilli cigliati, emulsionati in soluzione fisiologica ed energicamente sbattuti per pochi minuti, perdono completamente le ciglia e quindi la mobilità. Ma se si pensa che la pendenza dei fiumi solo eccezionalmente (cascate) è così forte come nelle ricerche di laboratorio, si comprende come il movimento di un'acqua corrente non possa esercitare sui batteri alcuna influenza meccanica. Quanto ai fenomeni fisici di adesione molecolare tra batteri dell'acqua e pareti del vaso in cui

Digitized by Google

l'acqua è contenuta, i pareri degli autori sono molti discordi; è certo che questi fenomeni vengono facilitati e determinati dal movimento dell'acqua; ma è certo altresì che l'effetto del movimento varia moltissimo col variare della composizione del liquido (esperienza di *Haffkime*, cfr. *Duclaux*, o. c., p. 576-577), e per uno stesso liquido varia seconda la natura degli organismi contenutivi.

Quali influenze bene accertate del movimento nel processo di purificazione dei fiumi, bisogna soltanto ritenere la facilitazione della diluizione dell'acqua di fogna nell'acqua di fiume, dell'accesso di ossigeno ed, entro certi limiti, della divisione delle sostanze sospese. L'influenza del movimento è dunque affatto indiretta.

Che il movimento anche violento di un'acqua in presenza dell'aria non riesca a modificarne sensibilmente la composizione dal punto di vista organico, è stato provato da molte ricerche [*Frankland, Emich, Weyl* (cfr. *Weyl*, o. c., p. 454)]. Secondo *Albert R. Leeds* (cfr. *Weyl*, o. c., p. 454), le acque del *Mississipi*, a monte e a valle della cascata del Niagara, presentano l'identica composizione come si rileva dalla seguente tabella:

In 100,000 parti.

	CASCATA DEL NIAGARA	
	a monte	a valle
Ammoniaca libera.	0,0056	0,0059
Ammoniaca albuminoide	0,0110	0,0109
Ossigeno consumato	0,2260	0,2250

Bisogna per altro considerare che il Mississipi non è inquinato.

4.° **Velocità della corrente e lunghezza del fiume.** — Sono queste due importantissime condizioni, perchè il processo della purificazione fluviale possa regolarmente compiersi: i fiumi inglesi non mostrano alcuna purificazione spontanea perchè hanno un tragitto relativamente troppo breve. La lunghezza della zona di purificazione per i fiumi finora studiati varia da 30 km. (Isar) a 110 km. (Parigi); ma essa varia altresì per il medesimo fiume secondo la velocità; così il fiume Limmat, sotto Zurigo, compie la propria purificazione lungo un tragitto di soli 10 km., quando la velocità è di m. 0.49 al minuto secondo, mentre richiede un tragitto molto più lungo quando la velocità cresce (m. 1.49). Dalla velocità dipendono inoltre gl'importanti fenomeni della sedimentazione di cui parleremo in seguito, e la più o meno rapida diluizione del liquame nell'acqua di fiume. In generale si può ritenere favorevole alla purificazione d'un fiume, un valore medio di velocità, lontano così dalla soverchia rapi-

Digitized by Google

dità che impedirebbe la sedimentazione e allungherebbe di troppo la zona di purificazione, come dall' eccessiva lentezza, che favorirebbe la formazione d' ingombranti banchi di melma in putrefazione. Una velocità adatta ha per effetto di distribuire il sedimento sopra una più ampia superficie, condizione importantissima, se si considera il letto del fiume non solo come un luogo di deposito, ma anco e specialmente come sede di attiva scomposizione del materiale sedimentato. Ma si verifica in pratica che, a parità di diluizione e di velocità, l'area del letto destinata a ricevere il sedimento può essere molto diversa (*Rubner,* 1903, o. c., p. 63), e però importa, dal punto di vista pratico, studiare la questione caso per caso, per decidere se, nel caso speciale sia assicurato l' *optimum* di velocità, che permetta l' attiva partecipazione del fondo alla scomposizione dei materiali. D' altra parte accadrà ben di rado d' incontrare una velocità tanto forte da ostacolare la purificazione fluviale: bisogna tener presente il fatto che una maggior velocità, aumentando la portata, favorisce già per questo la purificazione, in quanto aumenta la diluizione.

5.° Diluizione. — Che una diluizione d' alto grado possa rendere difficilmente riconoscibile chimicamente e batteriologicamente l' immissione di acqua di fogna in un fiume, è un fatto ovvio. Ma dal punto di vista pratico, interessa conoscere il rapporto di diluizione minimo, sotto il quale non si possa scendere senza compromettere il processo stesso di purificazione e senza offendere il senso igienico delle popolazioni.

L' influenza della diluizione in alcuni casi studiati si rileva dalla tabella seguente (cfr. *Weyl,* o. c., p. 461):

N.°	CITTÀ	FIUME	E	A m.³	Q m.³	$V = \frac{Q}{A}$	Purificazione compiuta dopo Km.
1	Colonia	Reno	250 000	0.4	783	1960	41
2	Vienna	Danubio	812 000	1.3	1411	1090	40 (?)
3	Roma	Tevere	400 000	0.64	180	280	45
4	Monaco	Isar	345 000	0.5	42	84	30
5	Breslavia	Oder	335 000	0.5	20	40	32 (?)
6	Parigi	Senna	2 000 000	3.2	45	14	110
7	Berna	Aar	40 000	—	—	300	40 (?)

La quantità di scolo cittadino per testa e per giorno, calcolata in litri 140, divisa per 86,400, che è il numero dei minuti secondi in 24 ore, e moltiplicata per il numero degli abitanti E, dà la quantità A di scolo cittadino per minuto secondo; se Q è la quantità d'acqua convogliata dal fiume in 1″ in tempo di magra, $\frac{Q}{A} = V$ rappresenta la diluizione.

Digitized by Google

Più recentemente *Rubner* (o. c., 1903, pp. 52-59), ha sottoposto al controllo sperimentale i rapporti che passano tra diluizione e fenomeni di scomposizione, per dedurne il valore minimo di diluizione compatibile con una soddisfacente purificazione spontanea dei fiumi.

Perchè non sorgano scrupoli estetici e sanitari, perchè il letto o l'acqua di un fiume o entrambi insieme non vengano sovraccaricati con materiali di rifiuto, e perchè le modificazioni sensibili non oltrepassino un certo limite, debbono essere osservate alcune norme e condizioni, tra cui in prima linea sta il grado di diluizione dell'acqua di fogna con l'acqua di fiume. Già da più di trent'anni è noto che una diluizione di $^1/_{15}$ dà bensì ancora un intorbidamento, ma non più alcuna manifesta putrefazione consecutiva dell'acqua per lungo ristagno. *Rubner* ritiene insufficiente una tale diluzione del 6 %, giacchè, trattandosi di strati molto spessi, la torbidezza è tuttavia notevole: l'*A.* dichiara di non conoscere corsi d'acqua d'una certa importanza, in cui una tale scarsa diluizione siasi a lungo ritenuta soddisfacente. La diluizione dell'1 % invece non porta nel corso d'acqua alcuna modificazione apparente nè dà mai luogo a cattive esalazioni. Inoltre, mentre per la diluizione $^1/_{15}$, si ha, dopo uno o due giorni, un maggiore intorbidamento, ciò non si verifica per la diluizione 1 %, o si verifica molto limitatamente. A queste differenze ottiche corrispondono differenze biologiche.

Ma questi esperimenti di laboratorio non riproducono punto fedelmente i rapporti della pratica: dal momento dello sbocco della fogna al momento della completa diluizione, trascorre un certo tempo, e vien percorso un certo tratto di fiume (zona di diluizione) lungo il quale il comportamento dell'acqua lurida si modifica, sopratutto per effetto della sedimentazione, che comincia subito dopo lo sbocco delle acque luride. La zona di diluizione varia molto: è breve per piccole diluizioni, lunga per diluizioni grandi.

Il più alto peso specifico dell'acqua di fogna determina, in speciali condizioni e per sufficiente profondità del fiume, un *sottostrato*: le condizioni del mescolamento variano moltissimo da caso a caso dipendentemente dal modo d'immissione,* dal movimento dell'acqua e dal profilo del fiume. Col massimo di diluizione si ottiene naturalmente un minimo inquinamento del fiume; la diluizione perciò, come punto di partenza e come condizione del processo di purificazione fluviale, ha una importanza grandissima, il che tuttavia non toglie nulla all'importanza dei processi biologici. L'acqua di fogna è per sè stessa un materiale in alto grado putrescibile, ed in esso avvengono le modificazioni caratteristiche di questo processo: la diluizione con

---

* Il *Mutschler* (1896), in base ai suoi studi nelle acque sull'Aar, sotto Berna, consigliò, per ottenere una pronta diluizione, d'immettere le acque luride nel corso d'acqua, non mediante un unico canale, ma mediante diverse piccole fogne, opportunamente distanziate.

Digitized by Google

acque di fiume modifica a un tratto i rapporti. *Spitta* (cfr. *Rubner*, o. c., p. 50) ha dimostrato che una diluizione 1:15, in quiete, consuma completamente il proprio ossigeno, mentre, in una diluizione 1 : 200, si verifica durevolmente un equilibrio tra il consumo e l'assorbimento. Si può dire che il consumo di ossigeno di una mescolanza di acqua di fiume e di acqua di fogna, cresce col crescere della proporzione di quest'ultima. Per altro l'assorbimento di ossigeno dipende da alcune condizioni d'ordine fisico per cui, entro certi limiti, non varia con la diluizione. Comunque sia, esiste, per l'aggiunta di acqua di fogna, un valore massimale, che garantisce, in condizione di quiete, l'equilibrio tra consumo e assorbimento di ossigeno. L'acqua in movimento, specialmente nei bassi corsi d'acqua, si satura più facilmente di ossigeno che non l'acqua ferma o quella dei fiumi lenti e profondi, quando sia esclusa la vegetazione di alghe. In corsi d'acqua molto profondi, la torbidezza assorbe troppa luce, e però le alghe non possono riccamente vegetare: la flora delle rive e del fondo è, nei grandi corsi d'acqua, praticamente poco importante, nei rapporti della saturazione di ossigeno. La diluizione deve essere regolata in modo che l'ossidazione nell'acqua prenda veramente il sopravvento. Secondo le ricerche di *Spitta* (o. c., 1900, p. 237), una diluizione d'acqua di fogna di 1 : 15 può consumare in 24 ore, a bassa temperatura, circa 7 cm.³ di ossigeno per litro. Data l'importanza pratica dell'argomento, lo stesso *Spitta,* per consiglio di *Rubner*, istituì recentemente una nuova serie di ricerche, di cui i risultati si trovano espressi nella seguente tabella:

Contenuto di ossigeno in cm.³ per litro a 12° C.

TEMPO IN ORE	RAPPORTO DI DILUIZIONE TRA ACQUA DI FOGNA E ACQUA DI FIUME		
	1 : 15	1 : 100	1 : 200
0	5.29	6.44	6.25
14	2.09	5.90	6.15
18	0.24	5.63	5.92
24	0.03	5.13	5.76

Da questi valori è facile dedurre la quantità d'ossigeno consumata per ogni ora, e nelle 24 ore; questo calcolo è fatto nella tabella seguente sopra le prime 18 ore:

DILUIZIONE	OSSIGENO CONSUMATO cm.³ per litro		CONTENUTO in acqua lurida %
	per ora	per giorno	
1 : 15	0.281	6.74	6.2
1 : 100	0.045	1.08	1.0
1 : 200	0.018	0.43	0.5

Digitized by Google

Come si vede, il consumo di ossigeno dipende strettamente dal contenuto d'acqua di fogna: il *Rubner* ritiene conveniente che la diluizione si mantenga tra 1 : 20 e 1 : 100, i quali limiti permettono, così in riposo, come in movimento, la ossidazione delle acque di fogna.

6.° **Sedimentazione.** — La sedimentazione, insieme con la diluizione, viene dal *Weyl* indicata come fattore di purificazione apparente. Dopo che *Spitta* e *Rubner* hanno assegnato il giusto valore alle scomposizioni che avvengono nel fondo dei fiumi inquinati, la *sedimentazione* non può più in alcun modo pretendere al nome di fattore diretto della purificazione fluviale: essa non è se non una condizione, perchè i fenomeni di fondo possano compiersi.* La composizione chimica del sedimento dei fiumi inquinati differisce molto da un caso all'altro: la Commissione inglese diede i seguenti valori per la composizione del fango dei fiumi inglesi:

	MELMA DEL FIUME		
	Irk	Irwell in Peel-Parck	Medlock in Dawson Street
Sostanze organiche . . .	6.63	8.25	5.30
» inorganiche . .	25.98	19.40	19.96
Acqua	67.39	72,35	74.73

Si rileva, da questi dati, l'alto contenuto in sostanze organiche, che rende il fango dei fiumi inquinati in alto grado putrescibile.

Quanto all'essenza del fenomeno della sedimentazione, non bisogna vedere in esso una semplice questione di densità: microbi e particelle sospese sono, è vero, più pesanti dell'acqua, ma oltre che dal peso specifico, la loro partecipazione è determinata da fatti d'attrazione molecolare tra il liquido e le minute particelle in sospensione. È noto che alcune millesime parti di allume chiarificano rapidamente un'acqua ordinaria, in cui un precipitato d'argilla rimane ostinatamente in sospensione; eppure la variazione prodotta nella densità è insignificante; quello che è cambiato, in seguito all'aggiunta d'allume, è l'adesione reciproca dell'acqua per le molecole d'argilla.

Già vedemmo come in natura siano costantemente attivi nei fiumi certi scambi chimici con formazione di precipitati, che facilitano la sedimentazione di sostanze sospese e di batteri.

---

* Alla sedimentazione partecipano tutte le particelle sospese, i batteri compresi (*Rubner*, 1890; *Serafini*, 1891).

Digitized by Google

L'importanza di questi fenomeni naturali, per la sedimentazione, viene confermata dalle interessanti esperienze di *Frankland* (cfr. *Duclaux*, o. c.):

Agitazione di un quarto d'ora di un liquido con particelle solide.

	GERMI prima	GERMI dopo	RIDUZIONE %
Con $^1/_{20}$ di ferro spugnoso . . .	609	63	90
» $^1/_{15}$ di creta	155	10	93
» $^1/_5$ di carbone animale . .	8000	60	99
» $^1/_{15}$ di carbone di legna . .	3000	120	96
» $^1/_{15}$ di coke fino	—	0	100

* * *

Ridotta alle giuste proporzioni l'importanza di tutte queste condizioni fisico-meccaniche della purificazione fluviale, dobbiamo esaminare il modo d'azione del più volte ricordato fattore biologico.

Perchè gli organismi che popolano un fiume possano spiegare i loro effetti purificatori sopra un eventuale inquinamento, è innanzi tutto necessario che essi trovino nel corso d'acqua le condizioni di vita; non basta che vi siano delle sostanze organiche morte, capaci di servire come meteriale nutritivo agli organismi del fiume; occorre altresì che con le acque di rifiuto non giungano alla corrente superficiale sostanze dannose alla vita degli organismi stessi.

Da questo punto di vista, le sostanze che possono giungere a un'acqua corrente mediante i rifiuti liquidi cittadini, si possono distinguere, seguendo l'esempio di *Kolkwitz* (1906), in:

1.° Sostanze nutritive per i batteri o altri organismi, sia disciolte, sia sospese;

2.° Sostanze disciolte indifferenti per gli organismi in generale;

3.° Sostanze disciolte più o meno velenose.

Al primo gruppo, quello che essenzialmente c'interessa, appartengono: le sostanze albuminoidi finissimamente sospese e i loro immediati derivati (albumosi e peptoni), provenienti dai resti di alimenti; i componenti del sangue, dai macelli; le sostanze

Digitized by Google

collagene, i carboidrati, i grassi, di provenienza molto diversa; e, tra le sostanze sospese, i resti di fibre muscolari provenienti dalle feci; la cellulosa delle piante morte; le fibre legnose, i frammenti di paglia, ecc. Se le sostanze organiche sono più o meno scomposte o se furono sottoposte a qualche processo artificiale di purificazione, si troveranno naturalmente i loro prodotti di scomposizione o di ossidazione (fenolo, indolo, scatolo, amidoacidi, acido butirrico, acido lattico, acido acetico, alcool, ecc).

Il secondo gruppo comprende per lo più le acque di lavaggio delle miniere saline che portano in soluzione cloruro sodico, cloruro calcico, cloruro magnesiaco, i quali, quando non sieno troppo concentrati, sono indifferenti per la maggior parte degli organismi aquatili. Molte sostanze coloranti, se non sono molto concentrate, possono far parte di questo gruppo.

Le sostanze tossiche possono essere portate al fiume per lo più con le acque industriali. Ricordiamo l'arsenico, gli alcali caustici e gli acidi minerali. Contro gli alcali e gli acidi, le acque correnti spiegano rapidamente un potere neutralizzante, rispettivamente mediante l'acido carbonico e mediante la loro naturale alcalinità.

Dato che in un'acqua superficiale inquinata non manchino, per effetto di sostanze tossiche, le condizioni della vita, quale la sorte che le sostanze organiche morte subiscono per effetto dell'attività vitale degli organismi? Quali di questi organismi hanno maggiore importanza?

Intorno a questi quesiti regna ancora il disaccordo fra i diversi autori, sopratutto perchè si vollero elevare a teoria i risultati ottenuti in casi particolari. ma non è difficile persuadersi, in base al complesso dei fatti ben accertati finora, che nessuno degli esseri viventi del fiume inquinato, dai batteri alle piante fanerogame, dagli infusori ai pesci, può essere escluso dalla serie di azioni biologiche che hanno per effetto la purificazione. Da un caso all'altro, le differenze sono quantitative, nou qualitative, e le diverse categorie di organismi possono esercitare la loro azione purificatrice, sia insieme associati, sia indipendentemente gli uni dagli altri. Risulta tuttavia dall'esame dei fatti che, tra gli organismi attivi nella purificazione fluviale, alcuni si distinguono per la loro azione di gran lunga più efficace e costante: tali sono i batteri in generale, cui spetta, nella maggioranza dei casi, la parte più importante nella distruzione delle sostanze inquinanti, e le piante verdi. Dopo i batteri e le

Digitized by Google

piante verdi, ma a grande distanza da essi, vengono gli organismi appartenenti alle scala zoologica.

Ma per ridurre ai termini più semplici questo complesso problema di chimica biologica, giova fissare il concetto che la distruzione o comunque la scomparsa delle sostanze organiche inquinanti può avvenire essenzialmente in due modi: per *ossidazione* e per *assimilazione.* L'ossidazione è certo la maniera migliore di purificazione fluviale: ad essa possono contribuire tutti gli organismi, ma in modo speciale i batteri. Tutti gli organismi del pari, e specialmente le piante, sono capaci di produrre la scomparsa dell'inquinamento assimilando direttamente le sostanze inquinanti, ossia trasformando la sostanza organica morta in sostanza vivente. Questo secondo modo di purificazione è assai meno desiderabile del primo, nei riguardi igienici, inquantochè, venendo a morte gli organismi viventi, si può ripristinare l'inquinamento.

Esaminiamo ora rapidamente l'importanza delle tre categorie di esseri viventi (batteri, piante verdi, animali inferiori) che sono capaci di questo doppio ordine di azioni vitali.

Quanto agli animali inferiori ricordiamo soltanto la possibilità ammessa da *Uffelmann* (cfr. *Duclaux*, o. c., p. 121), che i grossi infusori flagellati e le amebe partecipino alla purificazione spontanea dei fiumi. Certo non vi è alcuna differenza essenziale fra un protozoo che assorbe e digerisce un frammento di materia organica ed uno sciame di batteri che lo dissolvono prima di assorbirlo. Ma bisogna considerare che questi grossi infusori sono quasi tutti aerobi; incapaci di vivere in un liquido fermentescibile in cui l'ossigeno faccia difetto, son costretti a tenersi alla superficie del liquido stesso, per poco che questo sia ricco di materia organica e li esponga alla concorrenza vitale dei fermenti. Quanto poi alle amebe, soltanto nelle acque molto pure è dato riscontrarle ad una certa profondità.

Le piante verdi (fanerogame, alghe verdi, ecc.) costituiscono l'oggetto della maggiore controversia. Dopo che le precedenti ricerche di *A. Meyer* e *Laurent* e *Clebs* ebbero dimostrato che le alghe possono assimilare sostanze organiche, *Löw* (1891), *Bokorny* (1892, 1894), *Pfeiffer* e *Eisenlohr* (1892) provarono che per la nutrizione delle piante inferiori hanno precisamente importanza quelle sostanze organiche le quali, elaborate dal corpo animale, vengono emesse colle urine e colle feci. A queste sostanze appar-

Digitized by Google

tengono la tirosina, l'acido asparaginico, la leucina, la glicocolla, la creatina e l'urea, dato che esse vengano offerte alle cellule vegetali in adatte concentrazioni.

In base a questi fatti ed in seguito ai suoi studi sul fiume Isar, il *Pettenkofer* (1891) attribuì agli organismi vegetati (alghe verdi e diatomee) una parte importante nella purificazione fluviale. Il *Loew* (1892) e il *Bokorny* (1892 e 1894) accentuarono il concetto di *Pettenkofer*, avendo trovato nell'acqua dello stesso Isar un numero di diatomee molto rilevante in confronto al contenuto di batteri. *Schenk* (1893) d'altra parte attribuisce alle alghe verdi un'importanza molto scarsa, e ciò perchè, in vicinanza di Colonia e di Bonn, ne trovò soltanto uno scarso numero nelle acque del Reno. Le acque di questo fiume, poverissime di alghe, furono invece trovate ricchissime di batteri e però *Schenk* assegna, nella purificazione fluviale, la maggiore importanza all'attività batterica. Per contro il *Mutschler* (1896) attribuisce alle alghe verdi una importanza prevalente nella purificazione spontanea dell'Aar, sotto Berna; alla quale conclusione il M. giunse basandosi specialmente sul fatto che a valle di Berna compaiono nelle acque dell'Aar numerose alghe verdi mentre questi organismi sono scarsissimi a monte di Berna.

Questi fatti, accertati per i fiumi Isar, Reno e Aar, valgono a dimostrare come non si possano generalizzare i risultati dei casi particolari, e come, nel grande numero di combinazioni possibili, ciascun fiume presenti un carattere proprio, nei rapporti della purificazione spontanea. Accanto ai batteri (che in molti casi sono i soli organismi attivi) possono trovar posto talvolta le alghe verdi e le piante superiori. Anche *Uffelmann* (1892) è d'opinione che non si debba esagerare l'importanza delle alghe verdi nella purificazione spontanea dei fiumi, perchè esse, come la maggior parte delle diatomee, potrebbero vivere soltanto in acque relativamente pure, sicchè la loro efficacia verrebbe meno proprio quando ce ne sarebbe più bisogno. Ma questa opinione, abbastanza diffusa ed accettata anche da *Duclaux,* fu dimostrata erronea dalle esperienze del *Bokorny* (1894) e dello *Spitta* (1900). Questi autori dimostrarono che molte alghe verdi possono rigogliosamente vegetare anche in acque fortemente inquinate; d'altra parte si venivano intanto accumulando le prove speri-

Digitized by Google

mentali della capacità delle piante clorofilliane superiori ed inferiori ad assimilare direttamente sostanze organiche disciolte, ad assimilare cioè il carbonio e l'azoto in una forma diversa dall'acido carbonico e dai nitrati (*Bokorny,* 1892 e 1894; *Spitta,* 1900; *Grosse-Bohle,* 1900; *König,* 1900).

Particolarmente importanti sono le ricerche di quest'ultimo autore. Egli trovò che le piante *Elodea canadensis Rich., Potamogeton crispus L., Myriophyllum proserpinacoides Gill., Myriophyllum prismatum, Ceratophyllum demersum L., Salvinia natans Willd., Salvinia auriculata Aurl., Azolla caroliniana Willd,* e probabilmente anco la *Lemna minor L,* e la *Lemna polyrhiza L,* possono soddisfare al loro fabbisogno di carbonio assimilandolo direttamente in forma organica. Per le prime tre e per la quinta delle suddette piante, il *König* ha potuto dimostrare la proprietà di soddisfare, mediante assimilazione diretta di sostanze organiche azotate,* al loro fabbisogno di azoto; attitudine che il *König* crede di poter assegnare con una certa probabilità anco alle altre delle testè menzionate piante. Il *König* sperimentava portando queste piante a vegetare in soluzioni nutritive ottenute con diverse sostanze organiche. In queste condizioni le piante si distinguevano in modo sorprendente pel loro rigoglio da quelle vegetanti in soluzioni puramente minerali. Poichè anzi, in queste ultime soluzioni, alcune piante vegetavano stentatamente o morivano, è lecito pensare che queste specie si sieno in alto grado adattate a una specie di vita semisaprofitica. Questo dato del *König* è la prima prova positiva della possibilità di una uutrizione saprofitica delle piante acquatili superiori. Perciò il *König* attribuisce alle piante superiori grande importanza nel processo della purificazione spontanea fluviale. Ma è ovvio osservare che le condizioni sperimentali sono ben lungi dal riprodurre le condizioni naturali: nell'esperienza di laboratorio la vita saprofitica delle piante suddette si trova al riparo da ogni concorrenza vitale; questa in natura è attivissima, e decisiva in favore delle specie batteriche molto più adatte delle piante a utilizzare e distruggere le sostanze organiche complesse.

Rimane perciò limitata ad alcuni casi la partecipazione delle piante verdi alla purificazione fluviale; ma in ogni caso non bisogna dimenticare che questa partecipazione diretta delle piante si compie non nel senso della ossidazione, ma nel senso della assimilazione. Esse cioè in date

---

* (Asparagina, albumose).

Digitized by Google

condizioni possono assimilare direttamente dall'acqua alcune sostanze organiche disciolte trasformandole in materia vivente. Non sarebbe in verità un effetto trascurabile nei rapporti della purificazione del fiume, se non che un tale effetto sembra esercitarsi molto lentamente; d'altra parte una ricca vegetazione cresciuta a spese dell'inquinamento può, quando non venga rimossa, rinnovare l'inquinamento stesso, allorchè interviene la morte delle piante. Non mancano esempi di cospicue invasioni di piante verdi, con consecutivi fenomeni di putrefazione; esempi che dimostrano come nella purificazione delle acque mediante le piante, si scapiti talvolta più che non si guadagni.

Particolarmente istruttive a questo riguardo sono le esperienze di *Spitta* (1900) e le sue osservazioni sulla Sprea.

Questo autore, con una medesima diluizione di una parte di acqua di fogna (liquido nericcio fetido con abbondante sedimento) in 13 parti di acqua di condotta, riempì 5 grandi cilindri di vetro della capacità di circa 20 litri, sul fondo dei quali era stato messo in precedenza uno strato di terreno di diversa provenienza. Due cilindri furono lasciati aperti; negli altri 3, ogni scambio gassoso fra la massa liquida e l'aria fu intercettato mediante uno strato di paraffina liquida alto 3 centimetri. Tutti e cinque furono esposti alla luce diffusa dell'ambiente, lontani dall'azione della luce diretta. L'osservazione si protrasse da 4 ad 8 mesi, e le analisi chimiche e batteriologiche ripetute ogni mese diedero il seguente risultato: L'acqua contenuta nei cilindri aperti si rischiarò relativamente presto e diventò inodora, il contenuto di ossigeno inizialmente quasi nullo andò progressivamente crescendo, mentre l'ossidabilità diminuiva, e scompariva l'ammoniaca sostituita da nitriti e nitrati; anche nel numero dei germi si ebbe una diminuzione manifesta; il sedimento dapprincipio formatosi, andò scomparendo in circa 10 settimane: non si ebbe mai alcuna traccia di vegetazione di alghe.

In modo affatto diverso si comportarono i cilindri chiusi. In essi l'acqua si mantenne a lungo torbida e fetida e solo dopo molto tempo perdette un poco della sua torbidezza e divenne inodora; l'ossigeno inizialmente in tracce, salì, dopo parecchi mesi, a non più di 1 cm.^{3} per litro; l'ossidabilità rimase quasi invariata e l'ammoniaca non scomparve mai del tutto, tranne in uno dei tre cilindri, la reazione dei nitriti e dei nitrati fu sempre negativa ed il numero dei germi diminuì di poco. In tutti e tre questi cilindri, si manifestò dopo un tempo più o meno lungo, un'abbondante vegetazione di alghe. L'abbondante sedimento formatosi andò incontro alla putrefazione con svolgimento di bolle gassose.

Digitized by Google

Queste esperienze sono ben lungi dal riprodurre le condizioni di un fiume inquinato, non solo per la mancanza di movimento dell'acqua (il che poi non altererebbe sensibilmente i rapporti), ma sopratutto perchè il tempo che di solito un fiume impiega a compiere la propria purificazione è incomparabilmente più breve di quello che lo *Spitta* concedeva all'acqua delle sue esperienze. Queste tuttavia confermano quanto innanzi abbiamo detto circa l'azione delle piante verdi, le quali, in questo caso, pur mostrandosi atte ad assimilare direttamente, sebbene molto lentamente l'ammoniaca, non sono riuscite, nonostante il loro grande numero, se non a fare un piccolo passo sulla via della purificazione, di una piccola massa d'acqua. L'abbondante vegetazione di alghe nei cilindri chiusi va spiegata coll'alto contenuto di acido carbonico che era invece scarsissimo nei cilindri aperti.

Quanto alle osservazioni dello stesso *Spitta* sulle acque della Sprea, esse non parlano certamente in favore della participazione delle piante al processo di purificazione; egli infatti non potè mai riconoscere alcun regolare e notevole aumento delle alghe verdi e diatomee in località del fiume manifestamente inquinate. Lo *Spitta* perciò ritiene che la maniera ideale della purificazione fluviale sia la mineralizzazione e gassificazione delle impurità organiche. Un tale processo può verificarsi solo a condizione che esista nell'acqua una sufficiente quantità di ossigeno, e che il carico del fiume con materiali di rifiuto sia contenuto entro giusti limiti. Un grado notevole di velocità facilita l'assorbimento di ossigeno per parte dell'acqua, mentre, come dicemmo, le sostanze sospese vengono deposte sopra un tratto sufficientemente lungo, in modo da non riuscire ingombranti. Probabilmente, in queste condizioni, non si ha punto accumulo di acido carbonico, e però si spiega la scarsa flora di alghe.

Queste ricerche dello *Spitta* ci portano logicamente a parlare della azione purificatrice dei batteri, che rappresentano in ogni caso i principali, e molte volte i soli fattori della purificazione spontanea dei fiumi. Il loro ufficio è duplice: solubilizzare le sostanze organiche solide, ossidare le disciolte.

L'intensità della funzione ossidante è in ragione diretta del numero dei batteri e del consumo dell'ossigeno; essa si può dunque misurare col-

Digitized by Google

l'esame batteriologico e colla prova ossimetrica. Poichè vi ha consumo di ossigeno e produzione di acido carbonico, si può in un certo senso parlare di respirazione dei batteri. La scomparsa della totalità o di gran parte dell'ossigeno disciolto nell'acqua, induce nella respirazione uno scompenso, determina, ci si permetta l'espressione, *l'asfissia della purificazione;* sottentra allora la fermentazione anaerobica, con formazione di gas fetidi.

Il nesso di causalità fra vita batterica e consumo di ossigeno, ossia tra attività microbica e processo ossidativo, non può essere oramai revocato in dubbio.

In varie e molteplici ricerche di laboratorio eseguite da *Spitta,* risultò manifesto che il consumo di ossigeno manca solo in assenza dei batteri; esso è minimo nell'acqua distillata e si eleva rapidamente per l'aggiunta di materiali organici. Il consumo di ossigeno è influenzato in alto grado dalle specie batteriche presenti e dalla temperatura; solo poco dalla illuminazione e dalla pressione barometrica. L'aumento della sostanza organica nell'acqua ha per conseguenza un aumento di batteri. Dunque la grandezza del consumo di ossigeno può valere come misura delle sostanze ossidabili presenti nell'acqua, e a questo scopo, secondo *Spitta,* serve meglio del metodo al permanganato. Un più forte consumo di ossigeno è indice d'un più forte inquinamento; un consumo più basso sta ad esprimere sia la mancanza d'un inquinamento locale, sia la forte diluizione del materiale inquinante.

Il fatto ora accennato del consumo di ossigeno e della produzione di acido carbonico, ci dà occasione di occuparci brevemente della utilità delle piante come ossigenatrici dell'acqua.

Per lo più l'ossigeno nelle acque dei fiumi non inquinati trovasi disciolto a saturazione come si può ottenere agitando dell'acqua all'aria. Per l'attività delle piante verdi il contenuto di ossigeno può oscillare entro limiti abbastanza ampi secondo l'illuminazione; ora in alcuni fiumi inquinati questa attività ha una grande importanza in quanto provvede a mantenere nella massa d'acqua una quantità sufficiente d'ossigeno che non potrebbe altrimenti essere assorbita dall'aria atmosferica.

Knauthe (1898) in un bacino naturale stagnante, molto ricco di vegetazione, ha visto il contenuto di ossigeno salire di giorno a 20 cm.^{3} per litro, e discendere

Digitized by Google

durante le notti perfettamente buie sotto 1 cm.³ In generale si può dire che, quando le piante partecipano alla purificazione delle acque superficiali come produttrici di ossigeno, questo durante la notte può discendere ad un minimo, quando il consumo ne sia molto attivo.

Nei fiumi e nei laghi ciò si verifica ben raramente, poichè a produrre un simile effetto occorrerebbe una quantità molto grande di rifiuti; tuttavia essi sono stati osservati talvolta, e precisamente d'inverno quando uno strato di ghiaccio e di neve copre le acque in modo da intercettare il passaggio dell'ossigeno e dei raggi solari.

Quanto all'intensità della produzione di ossigeno per parte delle piante verdi, ricordiamo che il *Knauthe* e lo *Spitta* in piccole masse d'acqua in riposo esposte alla luce diretta del sole, hanno visto per l'attività delle alghe salire l'ossigeno fino a 24 cm.³ per litro.

L'ossigeno prodotto dalle piante verdi in seno alle acque sembra non possedere alcun potere ossidante diretto, il quale potere è una qualità propria dell'*ossigeno nascente* in senso chimico [*Spitta, Pfeiffer, Kloëz* ed *Huizinger* (cfr. *Spitta*, o. c., p. 207, 1900)].

Lo *Spitta* (1903) ha recentemente studiato i rapporti tra sostanze disciolte e sostanze sospese, dal punto di vista del contenuto batterico e del consumo d'ossigeno.

Essendo riuscito, mediante successive centrifugazioni e triturazioni, a liberare le particelle sospese centrifugabili dalla massima parte dei loro germi, egli ha potuto dimostrare che alla superficie delle particelle sospese aderiscono grande numero di microrganismi, fino a raggiungere un terzo o la metà dei germi esistenti nell'acqua.

Insieme coi germi aderenti alla superficie, molti altri ne possono esistere nell'interno delle particelle, i quali possono rendersi superficiali quando le particelle si disfanno sia meccanicamente, sia per processi chimico-biologici. In base a deduzioni comparative, col contenuto batterico delle feci, *Spitta* ritiene che le più grossolane particelle sospese nelle acque di fogna sono da considerare batteriologicamente equivalenti alle feci; esse constano effettivamente in gran parte di feci. A parità di peso, le sostanze sospese contengono 100 volte più germi che non l'acqua. Le sostanze sospese delle acque luride hanno dunque una notevole importanza come veicolo di germi, e la loro diminuzione nell'acqua di un fiume significherà una rilevante diminuzione degli inconvenienti d'ordine sanitario. Una serie d'interessanti esperienze fu

Digitized by Google

istituita dallo stesso *Spitta*, allo scopo di risolvere il quesito se le sostanze sospese prendano una parte rilevante alle scomposizioni che avvengono nell'acqua e in modo speciale ai processi di ossidazione.

Applicando, in condizioni variate di esperimento, l'esame ossimetrico e l'esame batteriologico, *Spitta* potè dimostrare che sono le sostanze organiche disciolte che soggiacciono a rapida scomposizione: le sostanze sospese sedimentate vengono attaccate solo lentamente, in modo da influenzare solo limitatamente il contenuto di ossigeno nell'acqua.

Comunque, a una diluizione di 1 : 25 (che è quella adoperata da *Spitta*), le sostanze sospese non impediscono la graduale saturazione di ossigeno, sebbene nell'esperimento, le condizioni (ristagno, temperatura di 22° C.) non fossero punto favorevoli a una tale saturazione. Questi risultati, s'intende, non possono senz'altro applicarsi ai naturali rapporti della purificazione spontanea fluviale. Le sostanze sedimentate rappresentano dunque una fonte d'inquinamento più duratura, ma meno intensa, finchè il fiume, specialmente negli strati vicini al fondo, dispone di una sufficiente provvista di ossigeno; il che determina il sopravvento dei fenomeni aerobici, tanto nell'acqua come nel letto del fiume. Ma molto frequentemente, in natura, si tratta di strati ben più profondi di quelli (40 cm.) impiegati nell'esperimento di *Spitta;* l'assorbimento di ossigeno viene perciò ritardato e la scomposizione di un abbondante sedimento nel letto d'un fiume spesse volte decorre anaerobicamente.

Questo importante particolare messo in luce dallo *Spitta* ci induce a considerare i fenomeni che avvengono nel dominio del fondo del fiume.*

Ad ogni corso d'acqua, anche non inquinato, vengono naturalmente convogliate sostanze sospese inorganiche ed organiche che dánno luogo ad accumuli sul fondo e sulle rive.

Pel giudizio delle condizioni dell'acqua di un fiume, lo studio della melma ha una grande importanza, poichè si dánno molti casi in cui, mentre l'acqua si presenta coi caratteri della purezza, la melma invece trovasi in condizioni di manifesta putrefazione. Nei fiumi inquinati poi,

---

* Ci piace qui di ricordare come l'importanza di tali fenomeni venisse già riconosciuta dal *Serafini*, nelle sue ricerche sperimentali compiute nel 1891.

Digitized by Google

lo studio della melma assume una importanza anche maggiore, in quanto in essa avvengono i fenomeni di solubilizzazione delle particelle organiche sedimentate.

Nel fondo dunque si compie una fase molto inportante della purificazione dei fiumi, e gli studi speciali compiuti sul fondo di alcuni fiumi, hanno messo in evidenza dei particolari assai interessanti. Così il *Davids* (1895) anche ad una profondità di 7 metri al di sotto del letto del fiume ha riscontrato l'esistenza di batteri mentre è noto che ordinariamente, anche in un terreno assai inquinato, la flora batterica cessa ad un livello molto minore. Il sottosuolo fluviale si trova perciò in condizioni particolari rispetto al contenuto di germi, il che può esser tenuto presente per lo scavo dei pozzi in vicinanza di fiumi ed in ispecial modo per la costruzione delle gallerie filtranti.

Quanto ai fenomeni che si svolgono nel fondo del fiume in seno alla melma prodotta dalla sedimentazione, bisogna distinguere il caso in cui si stabilisca un ambiente anaerobico, da quello in cui ci sieno le condizioni per la penetrazione dell'ossigeno fino al fondo del fiume. In quest'ultimo caso, il processo di purificazione del letto si compie nell'identico modo che nei terreni non completamente inzuppati e inondati di sostanze putride. Nel caso invece dell'ambiente anaerobico, si stabilisce una scomposizione microbica, che ha per effetto di solubilizzare le sostanze organiche della melma, rendendole atte a subire nell'acqua corrente le ulteriori fasi della mineralizzazione. Per altro, l'influenza della presenza o dell'assenza dell'ossigeno sulla vita batterica, in rapporto con la scomposizione e mineralizzazione della molecola organica complessa, è ben lungi dal presentare la schematica semplicità di una distinzione netta in *aerobiosi* e *anaerobiosi.* La linea netta di demarcazione, che fin dai primordi della batteriologia si volle tracciare tra *germi aerobi* e *germi anaerobi,* si è venuta di mano in mano, col perfezionarsi della tecnica colturale, trasformando in una larga zona di passaggio, specie di zona neutra, dove queste classiche denominazioni non hanno più se non uno scarso valore.

Recentemente gli studi del *Tarozzi* (1905), confermati dal *Grixoni* (1905), impongono una completa revisione del problema della anaerobiosi. Il *Tarozzi* ha dimostrato che dai germi ritenuti prima strettamente anae-

Digitized by Google

robici « si può ottenere con molta facilità la coltura nei mezzi comuni artificiali (brodo, agar, ecc.) ed in condizioni di aerobiosi, quante volte a questi mezzi si aggiunga un pezzetto fresco di tessuto animale, raccolto asetticamente; meglio di tutto servono a tale scopo gli organi parenchimatosi... Sembra che le sostanze adatte e necessarie all'assimilazione di questi germi provengano direttamente dal corpo cellulare in disgregazione ».

Perde dunque ogni importanza la presenza o l'assenza di ossigeno, per la vita dei così detti germi anaerobi, ed assume una importanza esclusiva la composizione del mezzo. Da questo fatto nuovo, messo in luce dal *Tarozzi*, balza fuori il concetto integrale della vita saprofitica dei batteri, dipendente unicamente da una specializzazione, secondo la divisione del lavoro, e non da un fatto contingente ed esteriore, qual è quello della presenza o dell'assenza di ossigeno. Come i fermenti nitroso e nitrico esercitano la loro specializzata attività rispettivamente sull'ammoniaca e sui nitriti, così i germi detti saprofiti anaerobi esercitano la loro speciale attività demolitrice sopra le sostanze provenienti dal corpo cellulare in disgregazione, e ciò anche in presenza d'ossigeno. E così le diverse fasi che compongono il processo di mineralizzazione, necessariamente successive nel tempo, si possono e si debbono considerare contigue nello spazio.

Le ricerche dell' *Ori* (1905) permettono di estendere a tutte le sostanze organiche morte, il fatto che il *Tarozzi* ha osservato nelle sostanze organiche morte d'origine animale. L'*Ori*, seguitando ed estendendo le ricerche del *Tarozzi* sopra i substrati nutritivi adatti alla vita aerobica dei cosidetti germi anaerobi, ha trovato che anche i tessuti vegetali, sebbene in grado minore, sono capaci di offrire a questi germi un substrato adatto alla moltiplicazione in presenza di ossigeno.

***

Stabilita sopra basi sperimentali, l'importanza preponderante del fattore biologico nella purificazione spontanea fluviale non potrebbe essere revocata in dubbio; ed anche le recenti ricerche del *Rapp* (1904), sebbene

Digitized by Google

istituite allo scopo di dimostrare l'influenza della luce nella purificazione fluviale, costituiscono, in ultima analisi, un'altra prova sperimentale della importanza del fattore biologico, in quanto il *Rapp* ebbe a constatare che le modificazioni caratteristiche della purificazione fluviale non si verificano sperimentando con materiale sterile.

Tracciato così, nelle sue grandi linee, il processo della purificazione fluviale, sorge spontanea la domanda: quando dovrà considerarsi compiuta la purificazione? Si comprende facilmente che sarebbe eccessivo voler dichiarare compiuta la purificazione soltanto quando l'acqua del fiume abbia ripreso la composizione che aveva prima dell'inquinamento. Possiamo invece ragionevolmente ritenere col *Rubner* (1903, p. 62) che là dove il materiale sospeso è disceso ad un minimo, ed i batteri ancora presenti, nell'acqua in riposo, non consumano più una quantità apprezzabile di ossigeno, la purificazione può considerarsi come praticamente compiuta. Non bisogna aspettarsi che, col compimento dell'ossidazione del materiale inquinante, i batteri scompaiano subito dall'acqua; essi sorpassano, per così dire, i limiti del loro lavoro compiuto. Lo *Spitta* ha trovato che la maggior parte delle scomposizioni delle sostanze luride si compie in 24-48 ore, e però da questo punto di vista il grado ossimetrico è un indicatore più sicuro dell'esame batteriologico.

*
* *

Nelle pagine precedenti ricorrono frequentemente le parole *solubilizzazione, ossidazione, nitrificazione, mineralizzazione* delle sostanze organiche morte. Adoperando queste espressioni si ammetteva da noi implicitamente l'indentità fra il processo della purificazione fluviale e quello ben più intenso che si compie sia naturalmente sul terreno, sia nei letti di contatto degli impianti di epurazione biologica artificiale. E ripensando alla duplice funzione batterica solubilizzatrice ed ossidante di un fiume inquinato, ci vien fatto di paragonare il fondo alla *fossa settica* e la massa delle acque ai così detti *letti di contatto.* La differenza, per quanto grandissima, è puramente quantitativa; del resto, i rapporti biologici e le fasi del processo sono analoghi.

Digitized by Google

L'obiezione sollevata più volte contro la possibilità di ossidazioni microbiche in un tempo di solito così breve come quello della purificazione fluviale, è in verità basata più sopra un preconcetto che sopra fatti bene accertati; invero, chi ignora la straordinaria rapidità con cui si compiono nei letti batterici i fenomeni di purificazione?

***

Un cenno speciale meritano i rapporti tra diffussione di alcune malattie infettive e purificazione spontanea dei fiumi.

La possibilità di una tale diffusione per mezzo delle acque superficiali è un fatto sicuramente stabilito per alcune malattie (tifo, colera, dissenteria, carbonchio). Si tratta di vedere se il processo della purificazione fluviale possa portare una distruzione dei batteri patogeni eventualmente capitati nel corso d'acqua, insieme con le acque di fogna: cioè se si possa fare assegnamento sopra l'influenza dell'ambiente disadatto e della concorrenza vitale.

A questo proposito, per quel che riguarda la purificazione fluviale, non esistono ricerche dirette. Numerosi studi invece sono stati fatti sopra la vitalità e conservazione dei germi patogeni nell'ambiente esterno in generale, e nell'acqua in particolare.

Dalla esposizione sintetica di questi studi potremo, per analogia, trarre qualche conclusione, pel caso speciale della purificazione fluviale.

Ricerche non più recenti (*Hochstetter*, 1877; *Strauss* e *Dubarry*, 1889; *Karlinski*, 1889; *Percy Frankland, Marshall-Ward*, 1893; citati da *Duclaux*, o. c., p. 505), eseguite con acque potabili sterilizzate, concludevano:

1.° Occorrono talvolta almeno tre mesi per la scomparsa del bacillo tifico da un'acqua potabile sterilizzata, artificialmente inquinata;

2.° Il vibrione colerigeno può talvolta restare più di un anno vivo e virulento in un'acqua in cui sia penetrato;

3.° La spora carbonchiosa, nelle acque ordinarie sterilizzate, conserva molto a lungo (fin 7 mesi) la propria vitalità.

Il valore di queste conclusioni è molto relativo; le condizioni di un'acqua in natura sono ben diverse da quella di un'acqua sterile: inoltre, mentre l'esperienza

Digitized by Google

di laboratorio si fa in un liquido omogeneo, in natura invece l'eterogeneità è il carattere dominante d'ogni acqua ferma o corrente: nelle acque ferme si formano delle colonie vegetali o animali differenti secondo i punti; in un'acqua corrente, l'afflusso d'acque superficiali, o di sorgente, ne modifica continuamente la composizione in punti diversi.

Di Mattei e *Stagnitta* (1889), cercarono di avvicinarsi alle condizioni naturali, mantenendo in una continua corrente d'acqua i microbi, di cui volevano provare la resistenza: dei fili impregnati con questi germi venivano immessi in un tubo di vetro percorso costantemente dall'Acqua Marcia di Roma. Si ebbe il risultato che i microbi perivano più rapidamente nell'acqua corrente che nell'acqua ferma. Ma è chiaro che le condizioni di questo esperimento non possono neppure lontanamente paragonarsi alle ineguaglianze di composizione dei diversi punti d'un medesimo fiume. Le differenze, che noi osserviamo nella produzione locale delle piante, debbono esistere *a fortiori* per la coltura dei microbi.

La questione va dunque trattata da un punto di vista affatto naturalistico. Condotta la ricerca su questo terreno, che è poi quello dei fatti epidemiologici, le nostre idee, grazie ai mezzi d'indagine perfezionati, si sono radicalmente modificate nel senso che, lasciando impregiudicata la questione della vita saprofitica di alcuni germi patogeni, secondo il concetto di *Remlinger* e *Schneider* (1897), si ritiene probabile una lunga conservazione nell'ambiente, anche di quei germi che prima si ritenevano pochissimo resistenti. Così ricerche di un periodo anteriore (*Bolton*, 1888) avevano indotto gli autori ad ammettere la rapida distruzione dei germi patogeni giunti nell'acqua.

In due pubblicazioni recenti (1904) *Daniel Konradi* ha studiato le condizioni di vita del bacillo del tifo e di alcuni altri germi patogeni nell'acqua. Sono ben note le grandi difficoltà che presenta l'isolamento del bacillo del tifo dalle acque, e però i pochi casi in cui questo isolamento è riuscito, assumono una importanza grandissima come indice d'una diffusione ben più vasta che sfugge alla insufficenza relativa degli attuali mezzi d'isolamento. Già, fino al 1895, *Lösener* (cfr. *Konradi*, 1904) ha riunito dalla letteratura 65 casi in cui presumibilmente riuscì l'isolamento del bacillo del tifo dalle acque. In molti di questi casi (*Vaillard, Vincent, Gèrè, Fodor, Loewy, Block, Schild, Lope de Carvalho*) può darsi che si trattasse veramente del bacillo del tifo: tuttavia questi reperti vanno tutti accettati con grande riserva, se pensiamo che fino al 1895, mancava un sicuro mezzo di diagnosi che ora possediamo nel siero tifico (reazione di *Pfeiffer* e agglutinazione di *Gruber-Widal*).

Fino al 1904, *Daniel Konradi* ha potuto riunire dalla letteratura soltanto sette casi, in cui l'isolamento del bacillo del tifo dalle acque è sicuramente riuscito (*Lösener, Kübler* e *Neufeld, Hankin*, 1899; *Generish, Hanriot*, 1900; *Fischer* e *Flatau*, 1901; *Tavel*, 1903). Il *Konradi* tralascia il caso di *Remlinger* e *Schneider* (l. c.),

Digitized by Google

che pure sembra meritevole di essere annoverato tra i casi sicuri d'isolamento del bacillo del tifo dalle acque. Questi due autori infatti hanno ricercato il bacillo tifico in acque potabili, nel suolo, e nel tubo digerente di individui non colpiti da febbre tifoide: per la identificazione del germe si valsero, oltre che dei mezzi non assolutamente specifici, anche dell'azione agglutinante specifica del siero di animali immunizzati contro il bacillo tifico. Su 37 campioni (pozzi, sorgenti, fiumi) raccolti sia in tempo di epidemia, sia in assenza d'ogni manifestazione tifica, *nove* contenevano un bacillo con tutti i caratteri del bacillo del tifo. Due di questi campioni provenivano da città dove la febbre tifoide regnava al momento del prelevamento; sei altri campioni provenivano da città dove il tifo aveva infierito qualche tempo prima, ma non esisteva più epidemicamente, nei diversi momenti abbastanza distanziati gli uni dagli altri, in cui i campioni furono prelevati (fino a tre mesi dopo la cessazione della epidemia). Lo stesso *Konradi* (1904) pubblica un proprio caso d'isolamento del bacillo tifico dall'acqua di un pozzo d'una fabbrica, molto mal tenuto, lontano dieci passi dalla stalla e venti dalla abitazione di servizio, da cui abitualmente veniva buttato fuori, sul suolo, ogni sorta di sudiciume, e in cui si verificò il primo caso della malattia, che ebbe una rapida diffusione tra il personale della fabbrica stessa.

Nonostante lo scarso numero dei casi in cui l'isolamento del bacillo del tifo dalle acque è sicuramente riuscito, *Schüder* (cfr. *Konradi,* 1904), in base all'esame di numerose epidemie, assegna all'acqua, nel 77.5 % dei casi, la parte principale.

I risultati delle esperienze dal *Konradi* (1904) fatte con acqua di condotto sopra la persistenza dei germi patogeni nell'acqua, si trovano riassunti nella seguente tabella:

		TEMPERATURA DELL' AMBIENTE	TEMPERATURA DEL CORPO
Carbonchio	in cultura	L'osservazione potè durare solo 264 giorni	
	in milza	id. 258 giorni	id. 138 »
	su seta	id. 816 »	id. 144 giorni
	in milza	3½ anni	3 anni
Stafilococco	in cultura	508 giorni	438 giorni
	in pus	545 »	511 »
Tifo	in milza	499 »	542 »
	in cultura	490 »	420 »

N. B. Le prime tre osservazioni dovettero essere interrotte dopo il numero di giorni indicato, prima che si potesse constatare la scomparsa dei germi.

Digitized by Google

Il *Konradi* conclude:

1.° I microrganismi patogeni studiati (carbonchio, stafilococco, tifo), giunti nell'acqua, in determinati rapporti, prevalgono sui germi dell'acqua: i germi patogeni rimangono vitali;

2.° I germi patogeni possono in diverse acque rimanere a lungo vitali, la quale circostanza può chiarire lo scoppio di alcune epidemie;

3.° I batteri patogeni non perdono neppure dopo anni la loro virulenza.

A conferma di queste esperienze di laboratorio, il *Konradi* ricorda, tra gli altri, il caso classico di *Levy* e *Kayser* (1903) i quali hanno dimostrato che, nei rapporti naturali, il germe del tifo si conserva molto a lungo in vita: trattavasi delle feci di un tifoso non disinfettate, che furono gettate in una fossa cementata e vi soggiornarono 5 mesi d'inverno; furono allora versate come concime sopra un terreno argilloso e vi rimasero 15 giorni, esposte alla temperatura invernale: da questo terreno furono coltivati i germi del tifo.

Quanto all'infezione colerica, già lo stesso scopritore del kommabacillo aveva espresso l'opinione che questo trovi la sede della sua naturale esistenza, come le piante acquatiche tropicali, nel delta del Gange e del Brama-putra; opinione suffragata dalla diffusione endemica del colera in quelle regioni delle Indie. Nelle migrazioni del colera e nel decorso della diffusione epidemica di esso, anche fuori dell'India, già molto tempo prima della scoperta dell'agente patogeno, si poterono mettere in evidenza strette relazioni tra l'insorgere della malattia e l'acqua potabile adoperata dalle persone colpite dal male. Le ricerche batteriologiche eseguite sulle acque, durante le ultime ricorrenze epidemiche europee, hanno dimostrato la larga diffusione che il kommabacillo può avere nell'acqua.

La trasmissione del colera per mezzo dell'acqua come fatto epidemiologico è dunque completamente spiegata.

In base a ricerche di laboratorio, ritenevasi che il vibrione colerigeno, in acque non sterilizzate, sparisse rapidamente, sopraffatto dalla concorrenza vitale dei germi acquatili, e ammettevasi generalmente che una morte relativamente rapida fosse del pari la sorte dei vibrioni pervenuti nei fiumi con le deiezioni dei colerosi. Il *Wernicke*, nel 1895, si pose il quesito se il vibrione colerigeno, in condizioni sperimentali il più possibile simili alle naturali, non potesse trovare nell'acqua il suo nascondiglio per un tempo più o mono lungo. Egli potè dimostrare che sul fondo di un acquario, ricoperto di vegetazione, il bacillo del colera si mantenne vivente per tre mesi, in concorrenza con numerosi altri batteri, in presenza di piante ed animali viventi nell'acqua comune onde l'acquario era pieno. La melma del fondo dei fiumi sembra dunque la sede più adatta per la conservazione di questi germi patogeni. Il *Wernicke*

Digitized by Google

crede che la conservazione dei germi patogeni, nella sua ricerca, sarebbe riuscita anche oltre i tre mesi, s' egli avesse avuto cura di evitare l' influenza della luce diffusa. È dunque molto probabile che nei punti più profondi di un fiume, nella melma, i germi del colera si possano conservare anche più di tre mesi. In quali speciali condizioni di nutrizione e di temperatura il germe ripassi dalla melma nell' acqua del fiume, per dar luogo a uno scoppio epidemico, non è dato precisare. Comunque, rimane provata la possibilità che il kommabacillo si conservi a lungo vivente nell' ambiente esterno. Tale possibilità è inoltre confermata dall' osservazione del prof. *Di Vestea,* il quale, da feci sospette, riuscì a isolare, anche parecchi giorni dopo l' emissione, il kommabacillo, il quale trovavasi nelle condizioni presumibilmente più sfavorevoli d' ambiente e di concorrenza vitale.

Al proposito dei rapporti tra germi patogeni e purificazione spontanea dei fiumi, il *Duclaux* (o. c., p. 504) rileva che l'acqua, in una certa misura, può essere, a somiglianza del terreno, considerata come un serbatoio della vita microbica. Nell'acqua, come nel suolo, le questioni di concorrenza vitale sono tanto varie, che la guerra tra le diverse specie microbiche non riesce giammai alla distruzione completa di alcuna tra esse. I microbi ci possono vivere perchè vi trovano sempre un po' di materia organica, e, quando non ne trovano, quelli che muoiono servono di alimento a quelli che persistono. « Le acque potabili *possono* sempre essere veicolo di agenti morbosi, ed è sempre imprudente contare sopra le azioni naturali per renderle inoffensive »..... « Nè il suolo, nè l'acqua sono ordinariamente dei mezzi di cultura per i microbi patogeni; ma e l'uno e l'altro possono talvolta diventare dei mezzi di conservazione abbastanza favorevoli ».

Non bisogna tuttavia dimenticare che, una volta giunti nell'acqua, i germi patogeni subiscono l'azione di un certo numero di fattori disgenesici che possono determinarne l'annientamento. Per non parlare del cambiamento di mezzo e della temperatura disadatta, fattori di azione dubbia ed incostante, ricordiamo la concorrenza vitale dei protozoi ciliati e di altri esseri monocellulari, la sedimentazione dei germi e l'azione della luce.

La concorrenza vitale dei protozoi ciliati, attivi divoratori di batteri, costituisce certamente una importante causa di distruzione dei germi

Digitized by Google

patogeni nelle acque, quando questi protozoi siano molto numerosi (*Kolkwitz,* 1906; *Emmerich* e *Gemünd,* 1904; *Huntemüller,* 1905).

Ma questo naturale compenso biologico non può avere il valore assoluto che ad esso attribuiscono *Emmerich* e *Gemünd,* e *Huntemüller,* i quali spingono tanto oltre la loro fiducia nell'azione fagocitaria dei flagellati, da dichiarare impossibile la diffusione del tifo e del colera per mezzo dell'acqua. Il *Fehrs* (1906) e il *Korschun* (1907), pure assegnando ai flagellati una notevole importanza nell'annientamento dei batteri patogeni nell'acqua, non partecipano tuttavia pienamente all'opinione dei precedenti autori, osservando a questo proposito che in alcune acque il numero dei flagellati è così scarso, che questi esseri non possono spiegare un'azione battericida veramente efficace. Gli stessi autori hanno osservato che il bacillo del tifo, inoculato in un'acqua, rimane talvolta in vita per 8 e fin per 15 giorni, e verosimilmente anche per un tempo più lungo, nonostante la presenza di numerosi flagellati.

La sedimentazione dei germi si deve considerare come un effettivo allontanamento di essi soltanto quando la melma non abbia probabilità di essere sollevata, e cioè nelle acque tranquille e profonde dove il movimento delle onde non arriva al fondo. Ma quando il sedimento può venire smosso, allora i germi possono ripassare nelle acque vivi e virulenti anche dopo mesi. Le ricerche del *Rubner* (1890) e del *Loëffler* (1896) dimostrano che nella melma i germi patogeni possono rimanere a lungo senza perdere la loro virulenza. Quanto alla luce, essa ha indubbiamente un'azione battericida molto potente, ma in pratica non si può dire con sicurezza se la luce abbia una parte importante nel liberare i fiumi dai germi patogeni.

Dal complesso di questi studi risulta probabile la eventualità che i germi patogeni, capitati in un fiume insieme ai materiali di rifiuto, forzino, per così dire, la zona di purificazione, per quanto largamente determinata, e si trovino ancora vivi e virulenti in un tratto di fiume a valle considerato come purificato, in base ai resultati dell'esame chimico e batteriologico dell'acqua e del fondo.

Ora, il concetto che le acque superficiali sono sempre biologicamente sospette, mentre da un lato riduce entro limiti più ristretti il processo

Digitized by Google

della purificazione spontanea dei fiumi, dall'altro dovrà mitigare, secondo le esigenze pratiche del caso, i criteri troppo restrittivi di alcuni autori, circa l'inquinamento dei fiumi stessi.

Così, se è vero che la purificazione spontanea chimica di un fiume inquinato non può essere revocata in dubbio, mentre la purificazione biologica, per quel che riguarda i germi patogeni, è affatto insicura, non è meno vero che nessun centro urbano vorrà mai fare la propria provvista d'acqua potabile direttamente da un bacino naturale, senza la garanzia e la protezione d'un regolare impianto di filtrazione centrale. Il caso di Ginevra, che attinge direttamente dal suo lago ottima acqua potabile, costituisce più una meraviglia che un esempio.

Si potrà dunque sempre presentare nella pratica l'opportunità d'immettere la totalità o parte dei rifiuti cittadini, in un corso d'acqua, quando lo studio di questo abbia dimostrate salve le ragioni della igiene e della decenza pubblica, e una simile opportunità è prevedibile che si presenterà sempre più frequentemente in avvenire, quando l'industria avrà reso possibile un più largo e più economico uso dei concimi artificiali perfettamente dosabili, e igienicamente non sospetti, in modo da soppiantare l'uso dei concimi naturali.

E questo tempo non può essere molto lontano se si considera che l'utilizzazione agricola dei rifiuti d'un grande centro urbano non può mai compensare l'esercizio di remozione.

*
* *

Da questa rassegna storico-bibliografica della purificazione spontanea dei fiumi emerge il concetto che, per lo smaltimento dei rifiuti nei corsi d'acqua, come in tutto il problema della rimozione dei rifiuti, principî generali assoluti non si possono stabilire: occorre decidere, nei singoli casi, dopo maturo studio dei molteplici fattori che concorrono ad un fenomeno biologico complesso, qual è quello della purificazione spontanea fluviale.

Dopo la Relazione della Commissione inglese, più volte ricordata, la maggior parte dei corsi d'acqua europei e americani d'una certa impor-

Digitized by Google

tanza hanno avuto il loro studio monografico dal punto di vista dell'inquinamento e della purificazione spontanea. Non è tuttavia a nostra conoscenza alcuno studio sopra corsi d'acqua di proporzioni limitate, atti soltanto allo smaltimento d'una piccola quantità di rifiuti. Non è da escludere che nella pratica si possa presentare il caso in cui sia desiderabile e conveniente potere smaltire, per mezzo dell'acqua corrente, una massa limitata di rifiuti liquidi.

Il Fiume Morto, che attraversa la pianura settentrionale pisana, si presta singolarmente, a uno studio di questo genere, e però sulle acque di questo fiume, per consiglio del prof. Di Vestea, abbiamo compiuto una serie di osservazioni complesse coll'intento precipuo di studiare il processo di purificazione spontanea, sia nel suo risultato, sia nel suo meccanismo.

Digitized by Google

PARTE SECONDA

Capitolo I.

Descrizione del Fiume Morto e delle località adiacenti.

Generalità sul Fiume Morto. — Il corso d'acqua da noi studiato, che nella sua ultima porzione prende il nome di *Fiume Morto* e nelle precedenti quelli di *Fosso Scorno, Martraverso* e *Vicinaia,* occupa la parte centrale della pianura settentrionale pisana.*

Ha una lunghezza complessiva di circa 21 chilometri e raccoglie la massima parte degli scoli della campagna posta al nord di Pisa ed una buona parte di quelli della città a mezzo di un suo affluente, del quale avremo luogo di occuparci a lungo (l'Oseretto).

Il bacino idrografico del Fiume Morto misura ettari 11.974, di cui 1.521 montani e 10.453 appartenenti ad una pianura che digrada con mitissima pendenza dal piede dei Monti Pisani al mare.

Costituzione geologica del bacino idrografico del Fiume Morto. — Non è privo di interesse per il nostro studio che ci occupiamo brevemente della costituzione geologica del bacino idrografico del Fiume Morto.

---

* Alcune piccole zone di monte ed altre piccolissime alla foce dell'Arno, mandano le loro acque in questo fiume o nel Serchio; tutto il resto della pianura (circa i $^9/_{10}$), le riunisce a mezzo di molti canali di scolo nel Fiume Morto che le scarica direttamente in mare.

Digitized by Google

La parte montuosa è costituita in gran parte da zone dell'epoca paleozoica ed è rivestita da boschi di castagni, di pini, ecc., nella parte alta, ed è coltivata a vigne ed oliveti, su terreno disposto a gradinate, nella parte bassa.

La superficie di questi monti non può quindi essere attaccata dalle acque pluviali che in miti proporzioni, e potranno essere trascinati nei rivi solo i materiali che dalle corrosioni, dai franamenti causati dalle grandi pioggie, possono distaccarsi.

La parte piana si è formata dai depositi alluvionali dei fiumi Arno e Serchio, i quali sono stati capaci di colmare lentamente gli stagni e le lagune che occupavano con ogni probabilità tutta la regione nelle epoche preistoriche. Ma tanto l'Arno che il Serchio non sono fiumi ricchi di torbide, e quindi la colmata è rimasta imperfetta anche prima che le arginature di questi fiumi fossero completate ed impedissero il proseguimento della benefica opera naturale.

In modo speciale nella parte di mezzo fra l'Arno e il Serchio i depositi alluvionali sono stati deficienti, e quivi il terreno era paludoso costantemente finchè la mano dell'uomo, allo scopo di evitare almeno in parte gli impaludamenti della regione, vi scavò il Fiume Morto, ossia il collettore generale degli scoli della pianura.

Data la loro origine, si capisce come i terreni della parte piana del bacino idrografico del corso d'acqua di cui ci occupiamo, risultino in genere di uno strato superiore, alto circa un metro, di terra vegetale argillosa ottenuta colle lavorazioni agricole e colle concimazioni, e poi di argilla più o meno compatta con strati frequenti di belletta e di materie torbose. A notevole profondità si trovano spesso sabbia e conchiglie, il che starebbe a dar valore alla ipotesi che il mare giungesse nelle epoche preistoriche fino al piede dei monti pisani. La zona situata fra la strada che porta dall'Arno al Serchio attraverso le Cascine Nuove, San Rossore e la Sterpaia, è sabbiosa anche superficialmente, e ciò prova, in questo caso indiscutibilmente, la remota presenza del mare in questi luoghi.

Tutti questi terreni di pianura che costituiscono, come si è veduto, l'85 %, del bacino di Fiume Morto, si dividono in coltivati, prativi e palu-

Digitized by Google

stri. Le acque che provengono da tutti questi terreni non tengono in sospensione che le materie limacciose e sottili derivanti dalla dilavatura della superficie dei terreni medesimi per effetto delle pioggie.

Condizioni generali di tutta la pianura settentrionale pisana. — Le condizioni di tutta la pianura sono oltremodo infelici; oltre 500 ettari del bacino sono ancora oggi permanentemente paludosi, altri 1000 lo divengono ad ogni pioggia e tali rimangono per mesi intieri; in altri 1600 l'acqua quasi affiora la superficie, e non è possibile cultura alcuna; altri 1800 non possono destinarsi che a pascolo o ad una magra coltivazione di cereali. I due terzi della nostra pianura non sono dunque capaci di dare che erbe palustri (falasco), fieno scadente, pascolo umido e pochi cereali. E le condizioni igieniche della regione grandemente si risentono degli impaludamenti e della vicinanza delle acque freatiche. Si aggiunga che nel Fiume Morto scolano le fogne di tutta la parte in destra d'Arno, e il cimitero suburbano della città di Pisa, e che tale scarico è sempre difficile e spesso impossibile per le condizioni planimetriche della regione (*Ricci-Busatti*).

Tutti questi dati di fatto hanno spinto molti valenti tecnici allo studio dei mezzi capaci e sufficienti a bonificare il bacino idrografico del Fiume Morto, sia per il lato economico (bonifica agricola), sia per il lato igienico. Vari progetti sono stati fatti, promettenti risultati assai soddisfacenti, ma questi progetti debbono ancora venir messi in esecuzione, ed intanto, a parte la questione economica, le condizioni igieniche della regione sono tutt'altro che buone, e sarebbe prezzo dell'opera il dimostrare quali sono in realtà.

Il nostro presente lavoro, mentre ha per precipuo oggetto lo studio generale di quel fenomeno che va sotto il nome di autodepurazione dei fiumi, non trascura neppure alcune considerazioni generali riflettenti le condizioni igieniche delle località adiacenti al corso d'acqua, le quali emergono naturalmente dai risultati che ci offrono le molteplici analisi chimiche e batteriologiche dell'acqua da noi studiata per lo scopo già ricordato.

Affluenti del Fiume Morto. — Abbiamo già detto che il Fiume Morto deriva da numerosissimi piccoli affluenti che percorrono in tutte

Digitized by Google

le direzioni la pianura settentrionale pisana. Tali affluenti, colla relativa superficie del bacino idrografico, sono notati nel quadro seguente:

Fiume Morto, ettari 11974 (Scorno, Martraverso, Vicinaja).

	ettari		ettari		ettari
Fossi fra la Sterpaja e il mare	2472				
Fosso Anguillara	2945	Fosso Fagianaia	148		
		Fosso Feminello	220		
		Fosso Fiumaccio	499	Antifosso di Canova	1119
		Fosso doppio	2078	Fosso Gatano	411
				Altri influenti second.	548
Fosso Cuccia e Fosso Tedaldo	627	Scolo delle Lenze	288	Canale di Barbaricina	130
		Fosso Cataldo	119	Altri influenti second.	158
		Altri influenti	220		
Scoli della 1ª Bonifica meccan.	970				
Fosso Oseretto	1288	Fosso Marmigliajo	1036	Fosso dei sei Comuni	818
		Altri influenti	252	Altri influenti second.	218
Fosso Oncinetto	149				
Scolo delle Moggiola	255				
Fosso Carbonaja	651				
Fosso Acqua calda	1074	Scoli della 2ª Bonif.	393		
		A monte di detti	681	Fosso di Asciano	540
Fossa Vecchia	274			Altri influenti second.	141
Fosso del Monte	501	Fosso di Agnano	167		
		A monte di detto	334		
Vallino di S. Stefano	187				
Canale di Crespignano	81				
Altri influenti secondari	500				

Per lo scopo del nostro studio abbiamo creduto conveniente di iniziare le nostre ricerche subito fuori della città di Pisa d'onde parte l'Oseretto e di proseguirle fino al mare. In tal modo, a causa dei materiali di rifiuto che l'Oseretto riceve dalla città, abbiamo il massimo inquinamento all'inizio, e siamo in grado di studiare come si comportino fino al mare i vari materiali che costituiscono tale inquinamento. Abbiamo dunque, come oggetto delle nostre esperienze, un corso d' acqua della lunghezza di circa 12 chilometri, che solo per i primi 2 chilometri è da considerarsi come un piccolo canale di scolo, mentre per gli altri 10 ha l'importanza, anche in principio, di un grosso canale. Mano a mano che ci avviciniamo al mare questo canale viene aumentando di larghezza e di profondità; riceve affluenti di non lieve conto, come la Cuccia e l'Anguillara, e quindi, almeno per gli ultimi 6 o 7 chilometri, acquista l'importanza di un vero e proprio fiumicello. A dir vero, le caratteristiche

Digitized by Google

che i tecnici d'ingegneria assegnano al Fiume Morto * son tali che avrebbero dovuto farci desistere dal pensiero di scegliere questo corso d'acqua ad oggetto di uno studio sull'autodepurazione dei fiumi, in modo speciale considerando che alcuni dei fattori chiamati a spiegare il fenomeno della epurazione spontanea dei corsi d'acqua sembrerebbe a tutta prima dovessero far difetto nel Fiume Morto. Se non che, alcune considerazioni d'ordine pratico ed una più matura riflessione sulle condizioni del fiume, ci hanno consigliato ad intraprendere il progettato lavoro.

Le considerazioni che abbiamo chiamato d'ordine pratico non sfuggiranno ad alcuno, ove si ponga mente che non è così facile avere a disposizione un corso d'acqua, dalla origine dello sbocco, nelle immediate adiacenze della città e di una lunghezza tale da permettere nel corso di una giornata il prelevamento di tutti i campioni.

Quest'ultima circostanza è, a nostro avviso, oltremodo interessante per lo studio dell'autodepurazione potendosi così conservare in una medesima osservazione molte condizioni che sono capaci di influire sul fenomeno da noi studiato.

D'altro lato, se è vero che di regola nel Fiume Morto mancano alcuni fattori della autodepurazione, eccezionalmente noi possiamo averli, e quindi, avendo cura di scegliere oculatamente le giornate delle osservazioni riguardo alle circostanze di luogo e di tempo adatte a favorire il fenomeno di cui si tratta, si può raggiungere ugualmente bene lo scopo. D'altronde, la deficienza di alcuni fattori dà maggior valore in alcuni casi ad altri.

Acquistata così la conoscenza della topografia generale della regione, ** nella quale scorre il canale da noi studiato, importava anche

---

* Ecco che cosa dice in proposito l'ing. Ricci-Busatti in una sua pregevolissima Relazione che porta per titolo *Bonifica della pianura settentrionale pisana:* « Caratteristiche del Fiume Morto, dovute alla sua formazione, al suo scopo e al bacino relativamente ristretto e situato in una delle regioni più piovose d'Italia, sono pendenze mitissime e sezioni assai ampie dovendo scolare campagne di pochi centimetri superiori al livello medio marino; portate di piena rilevanti, di magra assai scarse; rigurgito causato dallo sbocco in mare a notevole profondità, promiscuità di acque alte e di acque basse, difficoltà a mantenersi aperta la foce contro gli insabbiamenti prodotti dal moto ondoso e dall'azione dei venti, senza neanche poter fare assegnamento sulle maree che stanno in media fra i m. 0.20 e 0.30 ».

** Ved. in fine della Memoria la Carta topografica della pianura settentrionale pisana.

Digitized by Google

sommamente di ricercare la qualità e la quantità dei rifiuti che la città di Pisa smaltisce per la via dell' Oseretto nel Fiume Morto.

Questi rifiuti provengono, come già si è detto, dalla parte settentrionale della città, e sono costituiti essenzialmente da tre categorie di liquidi di scolo:

1.° Acque stradali;
2.° Acque domestiche;
3.° Acque industriali.

Per il sistema di smaltimento in uso nella città (fosse fisse) tra i rifiuti da noi menzionati non sono rappresentate le deiezioni; quanto alle acque domestiche, soltanto una piccola parte di esse va all'Oseretto, essendo per le rimanenti ancora in uso il vieto metodo della dispersione nel sottosuolo. E siccome le nostre osservazioni cadono in periodi liberi da precipitazioni atmosferiche di una qualche entità, così effettivamente alla composizione delle acque dell'Oseretto non prende parte, per quello che riguarda le nostre ricerche, la 1ª categoria dei liquidi di rifiuto da noi ricordati, e cioè le acque stradali che rappresenterebbero un inquinamento periodico. Di queste acque diciamo soltanto che esse si versano nella Fossa Murata mediante tre collettori stradali.

Ci siamo quindi messi nelle condizioni di studiare l'inquinamento permanente o continuo del nostro corso d'acqua, dato dalle acque domestiche ed industriali.

Sotto la denominazione di acque domestiche comprendiamo anzitutto le acque di rifiuto degli Ospedali Riuniti e della Scuola Medica e Veterinaria, e non crediamo di essere fuori del vero ammettendo che questi liquidi di rifiuto, oltrechè essere pericolosissimi per la loro provenienza, debbono essere anche molto concentrati, data la esigua dotazione di acqua di servizio di cui dispone il nostro grande Ospedale cittadino. Le acque domestiche vere e proprie sono limitate solo a pochi gruppi di case e precisamente alle case costruite lungo la Fossa Murata in quel tratto che va da Porta a Lucca a Porta Nuova, e lungo il primo tratto dell'Oseretto in prossimità di Porta Nuova dove l'Oseretto stesso risulta costituito dall'unione della Fossa Murata e del Fosso di Fagianaja.

Digitized by Google

Data l'ubicazione delle case immediatamente accoste alla Fossa Murata e agli altri canali, e date le abitudini veramente riprovevoli di alcuni abitanti, non è raro che da queste case, insieme colle acque domestiche, giungano anche le deiezioni.

Circa le acque industriali, esse provengono essenzialmente da 5 grandi fabbriche di tessuti con tintorie annesse, da una fonderia e da uno stabilimento di ceramiche.

***

Nella parte generale di questo lavoro abbiamo già portato la nostra attenzione sulla composizione delle acque industriali, e sulla loro importanza nell'inquinamento dei fiumi, nè crediamo necessario doverci soffermare di più su questo argomento. Dobbiamo invece occuparci brevemente della descrizione del corso d'acqua da noi studiato, e delle località ad esso adiacenti con quelle particolarità che ci è stato possibile rilevare nelle nostre gite preliminari e durante le nostre osservazioni.

L'intelligenza di questa nostra descrizione sarà al lettore molto facilitata tenendo presente la carta topografica annessa al presente studio.

Abbiamo già accennato come i rifiuti liquidi della città, da noi menzionati, vengano raccolti, subito fuori delle mura, da due piccoli canali collettori che portano il nome di Fossa Murata e Fosso di Fagianaja. La prima circonda la città di Pisa a nord e ad est, rasentando le mura di cinta; il secondo, più breve, si svolge lungo le mura di ovest della città. Ambedue si riuniscono in prossimità di Porta Nuova, formando l'Oseretto che volge a nord per sboccare nel Fosso Scorno. Concorre a formare l'Oseretto anche un altro fosso che porta le acque della campagna circostante, e cioè il Marmigliaio le cui acque sono assai sospette per la immediata vicinanza di parecchi gruppi di case. Durante il suo tragitto, l'Oseretto rasenta il lato ovest del Cimitero e ne raccoglie gli scoli.

Vari gruppi di case si trovano lungo le due rive del fosso, in modo speciale lungo la riva sinistra: al suo sbocco trovasi pure un piccolo centro abitato che si denomina Madonna dell'Acqua.

Digitized by Google

Mentre la Fossa Murata presenta, come diremo meglio in altro capitolo, condizioni abbastanza sodisfacenti dal punto di vista igienico a causa della sistemazione del fondo e delle pareti in opera muraria, l'Oseretto è semplicemente scavato nel terreno, e quindi si trova in condizioni infelicissime dal lato dell'igiene. Una melma finissima, nerastra ed emanante ingrato odore ricopre il fondo, che è privo affatto di vegetazione. Le rive erbose ed irregolari non proteggono affatto il canale dalla immissione di tutti i rifiuti che possono provenire dalla adiacente strada provinciale dove il traffico è attivissimo.

Si comprende facilmente il danno igienico che la vicinanza di questo fosso apporta alle prossime case, tanto più che gli abitanti di esse molto di frequente sogliono servirsi delle acque del Fosso Oseretto per alcuni usi domestici.

Dal piccolo centro abitato, posto alla confluenza del Fosso Oseretto col Fosso Scorno, fino al mare, il Fiume Morto scorre in una zona della pianura settentrionale pisana pressochè disabitata. Lungo il suo tragitto si trova soltanto un casello ferroviario ed una casa situata a poche centinaia di metri dal mare, in immediata vicinanza delle cateratte Zendrini stabilite sulle due arcate del ponte che si denomina appunto « delle Cateratte ».

Come è noto, queste cateratte, con le loro porte a bilico, servono a difendere i terreni dall'allagamento dovuto all'impedito effluvio nel mare durante le alte maree e dallo straripamento delle acque cagionato dalla unione dell'acqua marina a quella del fiume: automaticamente si chiudono coll'alzarsi e si aprono coll'abbassarsi del mare.

Le cateratte del Fiume Morto, costruite da molti anni, funzionano abbastanza bene a quanto abbiamo potuto constatare nelle nostre osservazioni; del resto, per questo punto come per tutti i particolari di pura tecnica idraulica, rimandiamo il lettore alle già citate pubblicazioni dell'Ufficio dei Fiumi e Fossi di Pisa. Noi faremo semplicemente qualche accenno ad alcune particolarità relative alla campagna circostante.

Le rive, generalmente erbose, pel tratto corrispondente al Fosso Scorno sono abbastanza regolari e rialzate; per più lungo tratto irregolarissime ed assai basse, tanto da aversi frequentemente delle piccole

Digitized by Google

zone perennemente impaludate. Queste rive non possono difendere il fiume dalle acque di dilavamento della campagna, le quali, o direttamente dalle rive, o mediante sistemi di piccoli fossatelli, finiscono tutte coll'immettersi in esso. A questo punto è da rilevarsi il particolare che gran parte della pianura adiacente al Fiume Morto è adibita ad uso di pascolo di cavalli, cammelli e bovini, e per conseguenza le suddette acque di dilavamento arrivano al fiume molto facilmente inquinate per le deiezioni di quegli animali, ed in alcuni tratti anche per il passaggio attraverso terreni concimati.

Il fondo del Fiume Morto dalla confluenza dell'Oseretto fino al mare si presenta pianeggiante. Esso offre a considerare la particolarità, per noi interessantissima, di una cospicua vegetazione, la quale si estende, gradatamente diminuendo in quantità, fin verso il mare. Tale vegetazione è costituita da varie specie di piante acquatili, delle quali abbiamo identificato le più abbondanti, che sono le seguenti:

1.° *Vallisneria spiralis L.;*
2.° *Elodea canadensis Rich.;*
3.° *Potamogeton crispus L.;*
4.° *Myriophyllum verticillatum;*
5.° » *spicatum;*
6.° *Ceratophyllum demersum L.;*

ed una *Callitriche.*

Di queste, le più comuni sono la *Vallisneria spiralis* e l'*Elodea canadensis*, le quali hanno una vegetazione così rigogliosa da rendere necessari dei tagli periodici allo scopo di sbarazzare il fiume dalla gran massa vegetale, che altrimenti ostacolerebbe seriamente il deflusso dell'acqua ed il transito delle poche barche da pesca. Dove c'è maggior ricchezza di piante, e precisamente nel fosso Scorno, ivi vivono numerosi pesci; nell'ultimo tratto invece in cui, come vedremo, le acque presentano un notevole grado di inquinamento, ivi la vita dei pesci si fa sempre più scarsa fino a scomparire del tutto in alcuni tratti.

I tagli delle piante del fondo vengono eseguiti tre o quattro volte all'anno da individui che discendono direttamente nell'acqua armati di grandi falci. Le piante recise vengono lasciate in balìa della corrente

Digitized by Google

che le trasporta lentamente a valle; esse finiscono coll'accumularsi nell'ultimo tratto del fiume dove vanno incontro ad un processo di decomposizione che è non ultima causa di quell'inquinamento che vedremo esser proprio di questo tratto del nostro corso d'acqua.

Capitolo II.

Note di tecnica.

I dati raccolti nella nostra gita preliminare, fatta a semplice scopo d'ispezione locale, e le notizie gentilmente forniteci dall'Ufficio dei Fiumi e Fossi e dall'Ufficio tecnico municipale, ci permisero di formarci un concetto sufficientemente comprensivo delle condizioni del Fiume Morto, del suo bacino imbrifero e delle sue connessioni con la fognatura cittadina. Ci ponemmo allora il quesito dei metodi di ricerca, col proposito di compensare, in qualche modo, le numerose cause d'errore che, in indagini di questo genere, costituiscono la grande difficoltà tecnica riconosciuta da tutti gli autori, che si sono occupati dell'inquinamento dei fiumi. Si tratta essenzialmente di applicare i metodi generalmente in uso per l'esame delle acque; ma di applicarli ad acque in condizioni affatto particolari.

Nulla è più variabile, nel tempo e nello spazio, delle acque d'un fiume inquinato: è noto infatti che, specie nei fiumi molto lenti, gl'inquinamenti rimangono talvolta, per lungo tratto a valle dello sbocco lurido, circoscritti lungo l'una delle rive, poco o punto influendo sulla composizione dell'acqua che scorre lungo l'altra riva. La composizione chimica e batteriologica dell'acqua del fiume inquinato, nei diversi punti di una sezione trasversale, non è dunque sempre la stessa. Variazioni nella composizione si verificano, si può dire, d'ora in ora, per le ovvie variazioni giornaliere quantitative e qualitative, delle acque luride cittadine.

Nel caso nostro poi, trattandosi d'un piccolo corso d'acqua con pendenza mitissima, direttamente e frequentemente influenzato nella sua

Digitized by Google

velocità dalle mareggiate, ci apparve evidente fin dapprincipio la possibilità che la purificazione spontanea non si compiesse: avremmo dovuto, in tal caso, determinare non la scomparsa dell'inquinamento, ma piuttosto la misura della diminuzione dell'inquinamento stesso; e allora la purificazione rappresenterebbe, diremmo quasi un valore limite: determinare in quale misura le acque del Fiume Morto si avvicinano al valore limite della purificazione: tale il nostro compito. E però tanto più ci s'imponeva la necessità di ricorrere a metodi d'indagine delicati e sicuri.

Ma, al momento di tracciare un programma di lavoro, ci trovammo di fronte a una grande variabilità nei metodi tecnici fin qui adoperati per l'esame dell'inquinamento dei fiumi. La maggior parte degli autori, che si sono occupati di questo argomento, hanno applicato i metodi ordinariamente in uso per le acque potabili, dando la preferenza, talvolta esclusiva, ora all'esame chimico, ora all'esame batteriologico.

Ma l'insufficenza di questi metodi non può sfuggire, se si considera il modo come l'inquinamento fluviale si produce, in confronto con le acque profonde.

In queste, l'inquinamento trae origine, di solito, da acque luride, che, filtrando attraverso il terreno, si sono liberate d'ogni sostanza sospesa, e si mescolano alle acque profonde in tale misura, da produrre, nei resultati analitici, variazioni qualitative relativamente molto manifeste; quali, nel caso d'una semplice mescolanza tra acqua di fogna e acqua di fiume, potrebbero essere date soltanto da un insudiciamento molto manifesto del fiume. In questa non dissimulata miscela dei rifiuti con l'acqua di fiume, consiste — nota il *Rubner* — la differenza essenziale tra inquinamento delle acque profonde e inquinamento dei fiumi; bastano già quantità relativamente piccole di rifiuti, tali da indurre piccole variazioni chimiche, per alterare, in modo manifesto, i caratteri ottici dell'acqua del fiume. Inoltre quelle sostanze, quali ammoniaca e nitriti, che nell'esame delle acque del sottosuolo valgono a far riconoscere con certezza un inquinamento, non hanno, per giudizio dell'inquinamento fluviale, uguale importanza.

Insomma, dallo studio della letturatura ricavammo la persuasione che la questione dell'inquinamento e della purificazione dei fiumi, per la sua

Digitized by Google

natura complessa, richiede l'applicazione coordinata di molteplici metodi; e, con questo criterio, ci accingemmo a stabilire, con la maggior possibile precisione, le norme da seguire pel prelevamento dei campioni e per l'esame chimico e batteriologico. Diremo brevemente dei metodi adoperati e del valore di ciascuno.

Prelevamento dei campioni. — Pei grandi corsi d'acqua è consigliabile di prelevare tre campioni (dalle due rive e dal mezzo) in una medesima limitata zona e più volte nelle 24 ore, seguendo la zona stessa nelle sue diverse tappe, lungo il tragitto del fiume. Così operando, si ha la certezza di evitare la causa d'errore della instabilità di composizione, determinata da una imperfetta mescolanza delle acque del fiume con le acque luride, e dalle oscillazioni qualitative e quantitative di queste ultime. Oppure, come consiglia il *Lehmann*, si cerca di ottenere dei valori medi sicuri per profili successivi, prelevando o facendo prelevare ogni 6 ore e durante 48 ore, tre campioni, due laterali e uno centrale, in diversi punti contemporaneamente. Da soli tre punti del fiume, in 48 ore, si preleverebbero in tal modo ben 96 campioni!

Ma queste precauzioni, indispensabili per grandi corsi d'acqua, sarebbero eccessive pel Fiume Morto, largo pochi metri e poco profondo. Pel caso nostro, ritenemmo sufficiente prelevare un solo campione per ogni punto di prelevamento. Questi punti furono da noi fissati nella nostra gita preliminare; essi si trovano segnati nell'annessa carta topografica, ed elencati nelle tavole che accompagnano la descrizione delle singole gite.

Le operazioni di prelevamento venivano fatte dalla prora d'una barca gentilmente concessaci dalla Direzione dell'Ufficio dei Fiumi e Fossi. Fin da principio, ci apparvero manifesti gl'inconvenienti che avrebbe presentato il prelevamento fatto discendendo il fiume: la barca, toccando fondo in parecchi punti dove le acque sono più basse, avrebbe influenzata la composizione dei campioni a valle, a causa del sollevamento della melma del fondo. Dovemmo perciò procedere al prelevamento dei campioni risalendo il corso d'acqua. Mediante una pertica solidamente infissa nel fondo, a poppa, la barca veniva fissata nel mezzo del fiume, in corrispondenza di ciascun punto, in precedenza designato, mediante pali infissi sulle rive. Da prora si compievano allora le diverse operazioni di prelevamento e di misurazione. In queste condizioni, era esclusa ogni perturbazione della massa d'acqua e del fondo, per parte della nostra barca.

Si cominciava dai due campioni batteriologici, superficiale e profondo. Pel campione superficiale, si adoprava una semplice pipetta *Tursini*, che si estraeva sul posto dall'involucro di carta in cui erasi sterilizzata, e veniva immersa in modo

Digitized by Google

che il punto di rottura dell'affilatura si trovasse a circa 5-10 cm. sotto la superficie dell'acqua. Ciascuna pipetta veniva immediatamente chiusa alla fiamma d'una lampada ad alcool. Le speciali condizioni del letto del Fiume Morto c'impedirono d'adoperare, pel campione batteriologico profondo, uno dei numerosi apparecchi proposti: questi si sarebbero facilmente impigliati tra l'abbondante vegetazione acquatica, che copre in molti punti il letto di questo corso d'acqua, e il loro uso sarebbe stato in molti casi impedito. Inoltre, il nostro scopo non era già di prelevare un campione a una determinata profondità d'una massa liquida, ma di esaminare batteriologicamente lo strato d'acqua a immediato contatto col fondo. Sufficiente a questo scopo trovammo un apparecchio molto semplice, formato di una asticella lunga circa 20 cm., sospesa per un estremo a una catenella e saldata, all'altro estremo, con un peso di piombo, a forma piatta, di circa 300 grammi. Quest'asticella portava, fissata trasversalmente, una morsetta, cui affidavasi la pipetta sterilizzata, disposta con l'affilatura in basso, in modo che il punto di rottura, che è di solito nel gomito dell'affilatura stessa, si trovasse assai vicino al fondo del fiume, quando sopra di questo fosse adagiato il peso di piombo. La pipetta era una comune *Tursini*, leggermente modificata nel senso che l'estremo dell'affilatura si ripiegava a formare un occhiello, a cui si agganciava l'estremo di una catenella e d'una cordicella. Quando il peso di piombo toccava fondo, attendevasi qualche momento, e quindi, mediante un brusco strappo alla catenella, si produceva la rottura dell'affilatura. Con questo procedimento, la pipetta si riempiva d'acqua più o meno torbida, adatta a darci un'idea delle condizioni batteriche del fondo del corso d'acqua. I due campioni batteriologici venivano prelevati contemporaneamente e, appena chiusi alla lampada, si conservavano in una piccola ghiacciaia portatile.

Si faceva quindi il prelevamento dei due campioni per l'esame chimico (uno per l'esame ossimetrico e l'altro per l'esame chimico generale), in due bocce di vetro incoloro, con tappi di sughero nuovi e previamente bolliti in acqua distillata. La boccia, affidata ad una morsa portata ad angolo retto da un'asta di ferro, veniva affondata nella massa d'acqua quanto bastava perchè si trovasse a uguale distanza dalla superficie e dal fondo. L'orifizio della boccia era chiuso da un tappo di gomma a due fori attraversati da due tubi di vetro, corto l'uno e non debordante dalla superficie inferiore del tappo, lungo l'altro fino al fondo della boccia e aperto subito al disopra del tappo. Al tubo corto, innestavasi un tubo di gomma, chiuso, al capo superiore, da una morsetta a molla. Questa veniva aperta solo quando la boccia era affondata alla profondità voluta; allora l'acqua entrava nella boccia lentamente scacciandone l'aria attraverso il tubo di gomma, senza gorgogliamenti, il che naturalmente importava moltissimo pei campioni ossimetrici. Questi venivano chiusi con ogni precauzione, per evitare che bolle d'aria rimanessero al disotto del tappo. Nelle ultime due delle nostre cinque spedizioni, abbiamo prelevato

Digitized by Google

due campioni ossimetrici, uno superficiale e l'altro profondo; quest'ultimo veniva raccolto nel modo ora descritto, spingendo la boccia fino a toccare il fondo del fiume. In tutte le spedizioni poi, a ogni due o tre punti di prelevamento, si attingeva, con le precauzioni suddette, un campione per la determinazione fisica o volumetrica dell'ossigeno disciolto, in un pallone di circa un litro. Le boccie per la determinazione chimica dell'ossigeno disciolto avevano la capacità di circa 800 cm.^{3}, ed erano di forma conica, a largo collo.

Si determinava quindi la temperatura dell'aria e dell'acqua, la profondità del fiume nel punto di prelevamento, e la velocità della corrente, mediante un semplice galleggiante, sopra un tratto di 50 metri esattamente misurati. Inoltre si prendeva nota dei caratteri dell'acqua, e possibilmente del fondo, delle condizioni delle rive, e di tutti quei particolari che presentavano qualche interesse pel nostro esame.

L'operazione di prelevamento durava, di solito, circa otto ore, cominciando dalle 7 antimeridiane.

Portati i campioni in laboratorio, si procedeva subito all'esame batteriologico e a quelle determinazioni d'ordine fisico-chimico, che non consentivano dilazione, se non a prezzo dell'esattezza dei resultati (limpidezza, colore, reazione, saggio qualitativo dell'ammoniaca, dei nitriti, dei nitrati, dell'acido solfidrico; determinazione dell'ossigeno disciolto). In secondo tempo, si eseguivano quelle prove che non vengono in modo sensibile influenzate dal ritardo d'un paio di giorni (residuo dell'evaporazione, determinazione della ossidabilità, dei cloruri, della resistenza elettrica).

Esame fisico-chimico. — Le boccie contenenti l'acqua destinata all'esame chimico generale, di vetro incoloro, di forma cilindrica, a pareti lisce, della capacità d'un litro circa, venivano disposte in serie ed esaminate, in condizioni opportune di luce, prima su fondo nero per rilevare il grado di torbidezza, e poi su fondo bianco per apprezzarne la colorazione. La reazione veniva saggiata mediante cartine al tornasole di *Merk*, lasciate alcuni minuti in contatto con l'acqua, e paragonate con cartine bagnate con acqua distillata.

Per la prova qualitativa dell'ammoniaca abbiamo impiegato il reattivo di *Nessler;* pei nitriti, il reattivo di *Griess;* pei nitrati, la reazione della difenilammina (in soluzione alcoolica) su pochi cm.^{3} d'acqua, in un tubo d'assaggio; per l'acido solfidrico, la reazione del nitroprussiato sodico, secondo cui, aggiungendo all'acqua in esame alcune gocce d'ammoniaca e 5-6 gocce d'una soluzione diluita di nitroprussiato sodico, si ottiene, per la presenza d'acido solfidrico, una bella colorazione rosso-violetta.

Pel dosamento dei cloruri abbiamo preferito, tra i metodi titrimetrici, quello di *Wolhard*, che dà, come è noto, resultati più esatti e più costanti. Per la determinazione della ossidabilità, ci siamo attenuti, così per la preparazione e dosamento dei

Digitized by Google

reattivi, come per la esecuzione del metodo, alle istruzioni di *Kubel* (cfr. *Tiemann-Gärtner*, o. c., pp. 255-256, 401-402). Nonostante le note cause d'errore inerenti alla determinazione delle sostanze organiche, col metodo dell'ossidabilità, abbiamo creduto opportuno eseguire anco questa ricerca, per poterne eventualmente ricavare qualche criterio sussidiario. Basti di aver qui accennato come ci siamo resi perfettamente conto della imperfezione del metodo e che ne abbiamo accettati i risultati con grande riserva.

Il residuo fisso veniva determinato sopra 500 cm.^{3} d'acqua filtrata per carta da filtro, in crogiuoli di porcellana di circa 100 cm.^{3}, dapprima a fuoco diretto e infine a bagno-maria. Venivano messi ad evaporare contemporaneamente undici crogiuoli, con che si otteneva una grande speditezza nell'operazione. Per la determinazione delle ceneri, il residuo fisso veniva sottoposto ad arroventamento, al calor rosso, adoperando sempre lo stesso bruciatore, nelle identiche condizioni per tutti i campioni.

Un po' più a lungo occorre fermarci sopra la determinazione dell' ossigeno disciolto, della resistenza elettrica e dell'esame batteriologico, non perchè abbiamo impiegato metodi nuovi, ma per discutere il valore di questi esami, dal punto di vista del nostro studio, e per porre in rilievo alcuni particolari tecnici da noi adoperati nella ricerca.

Determinazione dell'ossigeno disciolto. — Accennammo già, nella *Rivista critica,* alla importanza dei fenomeni ossidativi d'ordine biochimico, nel processo della epurazione spontanea dei fiumi, e al valore della prova ossimetrica, sistematicamente applicata, nello studio di questo processo. Trattandosi ora di descrivere la tecnica da noi seguita per questa prova, crediamo opportuno discuterne un po' più largamente il significato, dal punto di vista particolare dei fenomeni chimico-biologici, che si compiono in un fiume inquinato, in via di purificazione.

È noto che, nel ciclo di trasformazioni cui soggiacciono, in natura, le sostanze organiche morte, i fenomeni ossidativi, che hanno per risultato la formazione di C e N minerali (CO_2, N_2O_3, N_2O_5), rappresentano l'ultima fase, che deve essere necessariamente preceduta da tutta una serie di mutamenti biochimici, determinanti la solubilizzazione della molecola organica, sia ternaria, sia quaternaria. È noto altresì che esiste una vera specializzazione del lavoro microbio-chimico intesa non nel senso schematico di fasi anaerobiche e aerobiche alternantisi, ma nel

Digitized by Google

senso che la presenza di speciali sostanze, nell'ambiente (suolo o acqua che sia), favorisce, in condizioni opportune di temperatura, la vita di speciali microrganismi, capaci di modificare, in un senso determinato, la molecola organica. Non facciamo dunque una questione di ambiente aerobico o anaerobico, ma una questione di terreno nutritivo. E siccome, nel caso dei fiumi inquinati, questo terreno è dato appunto dalle acque luride inquinanti, così importa di conoscere esattamente la composizione di queste acque. Soltanto tale conoscenza potrà illuminarci su quanto avviene al momento della diluizione e dopo la diluizione. Nello studio della purificazione fiuviale, occorre dunque rifarci da uno studio sistematico del materiale inquinante; condizione, a cui noi abbiamo cercato di soddisfare, mediante lo studio accurato del Fosso Oseretto, che, nel caso nostro, rappresenta appunto la fonte dell'inquinamento del Fiume Morto.

D'accordo con le accennate cognizioni generali, le già citate esperienze di *Spitta* hanno messo in luce il fatto che soltanto le sostanze organiche disciolte, una volta diluite nell'acqua del fiume, vengono rapidamente ossidate; mentre le sostanze sospese, bisognose ancora della fluidificazione, ai processi ossidativi non partecipano, ma, più o meno lentamente, si depongono nel fondo del fiume, dove il lavorio di fluidificazione si compie. Ricordiamo, a questo proposito, che questo lavorio, per alcune sostanze organiche ternarie, e specialmente per la cellulosa, è molto lento.

Ecco dunque delinearsi le due grandi fasi della purificazione, in un fiume inquinato: fase prevalentemente di ossidazione delle sostanze organiche disciolte, nella massa dell'acqua; fase di solubilizzazione, in corrispondenza del fondo dove le sostanze sospese si vengono depositando. Nè questa seconda funzione può essere ostacolata dalla presenza di ossigeno: è anzi desiderabile che tutta la massa d'acqua sia pervasa dall'ossigeno, continuamente rinnovantesi, per sopperire al consumo continuo per parte delle sostanze organiche disciolte. Lo stabilirsi di un ambiente anaerobico non avrebbe altro effetto se non quello di dare il sopravvento ai fenomeni putrefattivi e di ritardare la purificazione del corso d'acqua, allo stesso modo che vien ritardata la purificazione d'un terreno inquinato, se un eccesso d'acqua ne renda i pori impervi all'aria.

Digitized by Google

Per una buona purificazione spontanea fluviale è dunque necessario che si stabilisca una specie d'equilibrio nel contenuto d'ossigeno disciolto, nel senso che il consumo dell'ossigeno stesso non superi l'assorbimento di nuovo ossigeno dall'atmosfera, e non ci sia tendenza allo stabilirsi di un progressivo *deficit* di saturazione.

Ora, l'esame ossimetrico d'un fiume inquinato si propone appunto d'indagare se, in un dato caso, questo equilibrio sussista, e di valutare eventualmente il *deficit* di saturazione, allo scopo di poter cogliere il progredire e il compiersi della purificazione spontanea, con la scorta delle altre prove chimiche e dell'esame batteriologico.

Trovandoci nella necessità di fare, in poche ore, un numero cospicuo di determinazioni (fin 44 per volta), dovemmo limitarci a impiegare il metodo volumetrico solo a scopo di controllo: per la generalità dei campioni impiegammo il metodo titrimetico di *Winkler*, già applicato dal *Serafini* nelle sue ricerche sperimentali (1891) e dallo *Spitta* (cfr. o. c., 1900, p. 220; 1903), nelle sue ricerche sullo Sprea, e risultato il più esatto dei metodi chimici, nel rigoroso controllo fattone dal *Chlopin* (1896, 1898).*

Il metodo di *Winkler* si basa sul fatto che l'idrato manganoso [$Mn(OH)_2$], formatosi in seno all'acqua, dalla reazione tra cloruro manganoso e idrato sodico, all'acqua aggiunti in eccesso, fissa l'ossigeno disciolto nell'acqua stessa, e si trasforma in idrato manganico [$Mn(OH)_3$], secondo le seguenti equazioni:

$$2\,Mn\,Cl_2 + 4\,Na\,OH = 4\,Na\,Cl + 2\,Mn(OH)_2$$
$$2\,Mn(OH)_2 + H_2O + \mathbf{O} = 2\,Mn(OH)_3$$

Sciogliendo il precipitato d'idrato manganico in acido cloridrico, in presenza di ioduro potassico, si ottiene la separazione d'una quantità di iodio equivalente alla quantità di ossigeno già disciolto nell'acqua, e fissato dall'idrato manganoso; come risulta dalle equazioni seguenti:

$$2\,Mn(OH)_3 + 6\,HCl = 2\,Mn\,Cl_3 + 6\,H_2O$$
$$2\,Mn\,Cl_3 = 2\,Mn\,Cl_2 + Cl_2$$
$$Cl_2 + 2\,KI = 2\,K\,Cl + \mathbf{I_2}$$

* Nel corso della stampa del nostro lavoro, vien pubblicata una Memoria del *Korschun* (1907), in cui, mediante ricerche di controllo, è dimostrata la superiorità del metodo di *Winkler* sopra due recenti metodi, uno clorimetrico proposto dal *Ramsay* e l'altro volumetrico proposto dal *Müller*.

Digitized by Google

Il iodio libero viene valutato mediante una soluzione titolata di iposolfito di sodio, il quale fissa il iodio, così:

$$2\,Na_2S_2O_3 + I_2 = 2\,NaI + Na_2S_4O_6 \text{ (tetrationato di sodio).}$$

Dunque un doppio equivalente di iposolfito di sodio ($Na_2S_2O_3 = 158$) corrisponde a un equivalente di iodio ($I = 126.85$), e a un equivalente di ossigeno (7.98); e però, data una soluzione titolata di iposolfito di sodio, contenente, in un litro, la 100ª parte di un doppio equivalente, cioè g. 1.58; 1 cm.³ di essa corrisponde a g. 0.0000798 di ossigeno, quantità, che (dato il peso di 1 cm.³ di ossigeno, a 0° C e 760 $^m/_m$ di Hg, in g. 0.00142967) corrisponde a cm.³ 0.055825 di ossigeno. Basterà dunque moltiplicare per questo valore il numero dei cm.³ di una tale soluzione di iposolfito di sodio impiegato nella titolazione, per ottenere, espresso in cm.³, l'ossigeno disciolto nella quantità di acqua adoperata per la reazione.

Il metodo da noi adoperato, per eseguire la reazione di *Winkler*, differisce, in alcuni particolari, dal metodo classico, quale si trova descritto nelle citate memorie di *Chlopin* e nei trattati (*Tiemann-Gärtner*, *Lehmann*), e crediamo non inutile descriverlo, poichè le modificazioni da noi apportate sono il frutto della pratica da noi fatta sopra un numero rilevante di determinazioni.

I reattivi necessari sono:

1.° Cloruro manganoso XXzzato ($MnCl_2 + 4\,H_2O$) esente da ferro;

2.° Soluzione di soda caustica al 50 % circa;

3.° Acido cloridrico fumante, esente da ferro e da cloro;

4.° Soluzione al 20 % d'ioduro potassico, esente da iodati.

Al momento della determinazione, in ciascuna boccia, cautamente stappata, si lasciavan cadere alcune perline di vetro e 3-4 g. di cloruro manganoso in cristalli; allora il tappo di ciascuna boccia si sostituiva con un tappo di gomma a due fori, per l'un dei quali passava il tubo d'un imbuto separatore giungendo fino al terzo inferiore della boccia, e per l'altro un breve tubo di vetro, che non superava la superficie inferiore del tappo. Di sopra dal tappo, questo tubo piegavasi ad angolo retto e comunicava, mediante un tubo di gomma, con un tubo di vetro largo circa 2 cm. verticalmente fissato ad un sostegno, secondo il dispo-

Digitized by Google

sitivo di *Müller* e *Chalanay* (cfr. *Ohlmüller,* o. c., p. 67). Chiuso il suddetto tubo di gomma, mediante una morsetta di *Hoffmann,* e aperta la chiavetta dell'imbuto separatore, spingevasi il tappo nel collo della boccia, in modo da non lasciare bolle d'aria al disotto. Così operando, era facile far giungere l'acqua fino alla chiavetta, che a questo punto chiudevasi, mentre, riaperto il tubo di gomma, si continuava a spingere fortemente il tappo fino a una linea di tara, incisa sul collo della boccia. Dopochè tutto il cloruro manganoso, leggermente agitando, erasi sciolto, si lasciavano scendere, attraverso la chiavetta appena aperta, 6-8 cm.^{3} della soluzione di soda caustica al 50 %: a questo scopo, mentre con una mano si sollevava la boccia per produrre un modico dislivello, si manovrava con l'altra la chiavetta, così da chiuderla a tempo, perchè non penetrasse aria al disotto della chiavetta stessa. La quantità d'acqua spostata dal reattivo (6-8 cm.^{3}) veniva naturalmente sottratta dalla capacità della boccia previamente calcolata per pesata. Agitando diligentemente per alcuni minuti la bottiglia, senza brusche scosse, mediante semplici ripetuti capovolgimenti, ottenevasi nella massa dell'acqua la uniforme distribuzione del precipitato, facilitata dalla presenza delle perline di vetro.

Lavato l'imbuto con acqua distillata, per asportarne la soluzione alcalina, si lasciava la boccia in riposo, fino a deposizione del precipitato, la quale di solito era completa dopo mezz'ora. Ci siamo persuasi, mediante ripetute determinazioni sulla stessa acqua, nelle medesime condizioni, che mezz'ora è più che sufficiente per assicurare la completa fissazione dell'ossigeno disciolto. Già, a questo punto della prova, era facile desumere la maggiore o minore ricchezza d'ossigeno, in quanto il precipitato era tanto più intensamente colorato in giallo-bruno, quanto più l'acqua era ricca d'ossigeno disciolto; mentre l'assenza d'ossigeno veniva rivelata da un precipitato affatto bianco.

Chiarificatasi la massa del liquido, in seguito alla deposizione del precipitato, si facevano scendere lentamente circa 16 cm.^{3} di acido cloridrico fumante, e quindi pochi cm.^{3} d'acqua distillata bollita, per fare discendere tutto l'acido. Poichè ora la massa del liquido soprastante al precipitato era assolutamente priva d'ossigeno, non tenevasi alcun conto

Digitized by Google

del liquido spostato dall'acido cloridrico. Si facevano quindi scendere molto lentamente 5-6 cm.^{3} della soluzione d'ioduro potassico al 20 %.

Chiudevasi allora così la chiavetta come il tubo di gomma, e agitavasi ripetutamente, fino a completa soluzione del precipitato, il che era indicato dal divenire il liquido perfettamente limpido, assumendo la caratteristica colorazione più o meno intensa, impartitagli dal iodio liberato. Questo veniva subito titolato, mediante la menzionata soluzione d'iposolfito sodico, indice la salda d'amido, in una grossa cassula di porcellana capace d'un litro.

Disponendo di cinque tappi di gomma a doppio foro, forniti, come abbiamo descritto, d'imbuto separatore, ci era possibile eseguire contemporaneamente cinque prove ossimetriche. Alle ore 12 del giorno successivo a quello del prelevamento, l'operazione era finita; sicchè i campioni soggiornavano in laboratorio sempre meno di 24 ore. Nel medesimo giorno venivano compiute le prove di controllo col metodo volumetrico.

La suddetta soluzione d'iposolfito di sodio si preparava portando a 1000 cm.^{3}, in un pallone tarato, 100 cm.^{3}, esattamente misurati, di una soluzione contenente in un litro la 10ª parte d'un doppio peso equivalente ($Na_2 S_2 O_3 + 5H_2 O = 248$). Tale soluzione, a sua volta, era preparata in base a una soluzione $N/_{10}$ di I, ottenuta sciogliendo in un pallone tarato la 10ª parte del peso equivalente del iodio, con quasi il doppio in peso di ioduro potassico purissimo (precisamente 20 g. di KI e g. 12.685 di I) dapprima in poca acqua, e quindi portando ad un litro. La soluzione madre di $Na_2 S_2 O_3$, conservata al buio, si manteneva inalterata per parecchie settimane. La salda d'amido veniva preparata fresca a ogni serie di determinazioni, pestando finamente in un mortaio dell'amido puro e dal mortaio asportandolo a poco a poco con 100 parti in peso d'acqua distillata. La sospensione così ottenuta veniva scaldata per pochi minuti in un bagno-maria bollente, agitando continuamente. Si lasciava sedimentare e si separava, per decantazione, lo scarso sedimento eventualmente formatosi. Sebbene trovassimo conveniente preparare ogni volta la soluzione d'amido fresca, tuttavia abbiamo potuto osservare che essa si può conservare a lungo inalterata, purchè tenuta in recipienti chiusi, e steriliz-

Digitized by Google

zata per un'ora a 100° C. nella pentola di *Koch*. Ecco un mezzo molto semplice e di gran lunga più sicuro di quelli proposti (aggiunta di cloruro di sodio, di cloruro di zinco, di cloruro di calcio e d'acido salicilico) per la lunga conservazione della salda d'amido. Bisognerebbe naturalmente evitare inquinamenti al momento di adoperarla; e, a questo scopo, basterebbe suddividere e sterilizzare la salda d'amido in vari recipienti (p. es., in palloncini *Erlenmeyer* con tappo di ovatta non idrofila) ciascun dei quali dovrebbe contenere la quantità di salda approssimativamente necessaria per ogni serie di determinazioni.

Sebbene le esperienze del *Chlopin* ci dessero sufficiente affidamento sull'esattezza del metodo di *Winkler*, anco applicato alle acque dei fiumi con un certo grado d'inquinamento; tuttavia, prima d'impiegarlo nello studio del Fiume Morto, credemmo utile eseguire una serie di determinazioni, secondo le modalità testè descritte, controllando ogni determinazione col metodo volumetrico.

Per questa prova di controllo, ci servivano campioni di poco più d'un litro, prelevati, nel modo già descritto, in palloni sferici, dal robusto collo cilindrico chiuso da un buon tappo di sughero, in modo da non lasciar bolle d'aria. Questo scopo raggiungevasi nel miglior modo praticando lungo l'asse del tappo un piccolo foro, che, quando già il tappo erasi introdotto nel collo della bottiglia, veniva chiuso con una bacchettina di vetro. Quest'ultima veniva poi estratta per la prima quando trattavasi di stappare il pallone. Allora, riempito il pallone stesso fino all'orlo con acqua distillata a lungo bollita, e lasciateci cadere alcune perline di vetro per regolarizzare l'ebullizione, adattavasi al collo del pallone un tappo di gomma attraversato da un tubo di vetro, a lume capillare e a pareti robuste, terminato alla superficie inferiore del tappo ed esternamente ripiegato in modo da mettersi in comunicazione con un azotometro di *Schiff*, con chiusura a mercurio, previamente riempito d'una soluzione concentrata di soda caustica (serve bene anco la soda Baxter) calda e recentemente bollita. Si protraeva l'ebullizione finchè fosse quasi bollente anco il bagno dell'azotometro. Una prima lettura facevasi dopo il raffreddamento, e una seconda dopo assorbimento dell'ossigeno, mediante pirogallato sodico, che si formava entro l'azotometro stesso, la-

Digitized by Google

sciandovi scendere una soluzione concentrata di pirogallolo (1-2 g. di pirogallolo in pochi cm.^{3} d'acqua). I due volumi letti venivano opportunamente corretti secondo la nota formula:

$$V = \frac{V'(P - h - F)}{760(1 + \alpha t)},$$

in cui V rappresenta il volume del gas ridotto a 0° C. e 760 $^m/_m$ di Hg.; V', il volume direttamente letto; P, la pressione barometrica al momento della determinazione; h, l'errore inerente alla scala d'ottone; F, la tensione del vapore d'acqua alla temperatura t; α, il coefficiente di dilatazione dei gas (0.00367); t, la temperatura al momento della lettura.

La differenza tra i due volumi così corretti ci esprimeva il contenuto d'ossigeno del volume d'acqua adoperato, valore che veniva riportato ad un litro.

Riportiamo i risultati delle nostre determinazioni preliminari nella seguente tabella; da essa si rileva che talvolta, per una sola determinazione volumetrica, abbiamo eseguite parecchie determinazioni titrimetriche, il che permette il giudicare della costanza del metodo di *Winkler*. In questa tavola abbiamo talvolta omessa l'indicazione della temperatura dell'acqua; avvertiamo però che, in ogni caso, le due determinazioni venivano fatte a temperatura identica.

Digitized by Google

N.°	PROVENIENZA DELL'ACQUA	TEMPERATURA DELL'ACQUA	OSSIGENO per litro, in cm³	
			Metodo titrimetrico (Winkler)	Metodo volumetrico
1	Acqua potabile di Pisa, a lungo agitata	—	7,8	7,7
2	Acqua di pozzo, agitata	—	4,9	
3	id.	—	4,5	4,8
4	id.	—	4,3	
5	Acqua di pozzo, non agitata	—	3,—	
6	id.	—	2,9	3,2
7	id.	—	3,1	
8	id.	—	3,—	
9	id.	—	4,2	4,3
10	id.	—	4,3	
11	Acqua del Fosso Oseretto	—	6,—	
12	id.	—	6,—	6,1
13	id.	—	6,4	
14	id.	—	6,2	
15	Acqua potabile di Pisa	23°,7	5,25	5,29
16	id.		5,36	
17	id.		5,30	
18	id.		5,29	
19	id.		5,34	
20	id.		5,31	
21	Acqua potabile di Pisa, a lungo agitata	26°,3	5,52	5,53
22	id.		5,50	
23	id.		5,54	
24	id.		5,53	
25	id.		5,55	

Questi risultati ci sembrarono sufficientemente esatti, per lo scopo del nostro studio, e credemmo di poter applicare il metodo di *Winkler*, modificato nel modo che abbiamo esposto, alle acque del Fiume Morto. Per spiegare i risultati meno esatti ottenuti con l'acqua di pozzo, avvertiamo che quest'acqua presenta marcatissima la reazione dei nitriti, i quali, nel metodo di *Winkler*, costituiscono la principale causa d'errore.

Digitized by Google

È noto infatti che i nitriti, in soluzione acida, sono capaci di separare, per sè stessi, iodio dal ioduro potassico, proprietà su cui si basa il metodo di *Tromsdorff* per la determinazione quantitativa dei nitriti. Ora, la presenza di nitriti in un'acqua di cui si voglia determinare l'ossigeno disciolto col metodo di *Winkler,* può dar luogo a un errore in eccesso o in difetto, secondo l'ordine con cui si aggiungono i reattivi. Se, come nel metodo classico di *Winkler*, il ioduro potassico viene aggiunto insieme con la soda caustica (32-48 g di Na OH + 10 g di KI in 100 cm^3 d'acqua), o anche se il ioduro, come fanno *Müller* e *Chalanay,* si aggiunga disciolto nell'acido cloridrico allora si ottiene un contenuto di ossigeno superiore al vero, poichè, in queste condizioni, i nitriti possono separare e separano iodio dal ioduro. Se invece, come consiglia lo stesso *Winkler,* nel suo metodo modificato, il ioduro viene aggiunto per ultimo, dopochè l'acido cloridrico ha disciolta buona parte dell'idrossido manganico, dando luogo a svolgimento di cloro libero ($Mn_2 Cl_6 = 2\ Mn\ Cl_2 + Cl_2$), allora si ottengono dei resultati inferiori al vero. E invero è noto che, dato l'energico potere ossidante del cloro libero e la facile ossidabilità dell'acido nitroso, la coesistenza del cloro libero e dell'acido nitroso nella massa del campione non è possibile, poichè una parte del cloro viene consumata ad ossidare l'acido nitroso od acido nitrico ($Cl_2 + HNO_2 + H_2 O = 2\ HCl + HNO_3$). La norma da noi seguita di aggiungere il ioduro, subito dopo l'acido cloridrico, senza attendere che questo abbia disciolto tutto il precipitato, vale forse a compensare l'errore dipendente dai nitriti. Ma su questo punto non abbiamo fatte ricerche speciali. Comunque, il compenso, se pure avviene, è soltanto parziale, come si può desumere dalle seguenti determinazioni, fatte appunto allo scopo di ricercare approssimativamente entro quali limiti agisce questa causa d'errore, quando il metodo viene eseguito secondo le norme da noi esposte.

Digitized by Google

N.°	CARATTERI DELL'ACQUA	TEMPERATURA DELL'ACQUA	OSSIGENO per litro, in cm³	
			Metodo titrimetrico	Metodo volumetrico
1	Acqua del condotto pisano ripetutamente agitata, e aggiunta di nitrito potassico, nella concentrazione di 1 : 12,000,000	26°,3	5,65	5,53
2			5,72	
3			5,63	
4			5,68	
5			5,65	
6	Acqua del condotto pisano non agitata; aggiunta di nitrito potassico, nella concentrazione di 1 : 1,000,000	25°,2	5,72	5,24
7			5,65	
8			5,76	
9			5,64	
10			5,76	
11			5,72	
12	La stessa acqua, addizionata di nitrito potassico nella concentrazione di 1 : 500,000	24°,7	5,91	5,25
13			5,90	
14			5,87	
15			5,89	
16			5,90	
17			5,87	

Risulta da questi dati che, anche con le norme da noi seguite, l'azione dei nitriti si fa già sentire, sebbene molto lievemente, alla concentrazione di 1 : 12,000,000; ed induce un errore già abbastanza notevole a 1 : 1,000,000, e più ancora a 1 : 500,000.

Trattandosi di dover fare, come nel caso nostro, in breve tempo un numero considerevole di determinazioni, abbiamo trovato poco pratico il metodo suggerito da *Winkler* (cfr. *Chlopin,* o. c., pp. 21-22; *Tiemann-Gärtner,* o. c., pp. 311-312), per correggere questo errore. Del resto, soltanto pochi dei nostri campioni contenevano nitriti, in quantità tale da influenzare sensibilmente i risultati dell'analisi; e però abbiamo tralasciato ogni correzione, proponendoci tuttavia di tener conto di questa inesattezza al momento di discutere i risultati delle nostre osservazioni. Avvertiamo qui, per altro, che gli errori eventuali di alcune poche nostre

Digitized by Google

determinazioni, come si può desumere dalle testè riportate prove su acqua artificialmente addizionata di nitrito potassico, sarebbero sempre nel senso di un *lieve eccesso*, e non mai in difetto; tali errori non potrebbero perciò, in alcun modo, infirmare i risultati ultimi e complessivi delle osservazioni nostre. Basta infatti dare un'occhiata alla tavola dei nitriti e ai diagrammi dell' ossimetria, in fine riportati, per persuadersi che di solito noi abbiamo riscontrato i più alti *deficit* di saturazione d'ossigeno precisamente là dove i nitriti erano più abbondanti, cioè alla fine del Fosso Oseretto e al principio del Fosso Scorno.

Lo stesso *Chlopin* avverte che ogni correzione si può trascurare, quando il contenuto di acido nitroso non superi mg 0,1 per 1000 (1 : 10,000,000).

A riprova del fatto che le nostre determinazioni non sono state, in modo rilevante, influenzate dalla presenza dei nitriti, riportiamo, nella tavola che segue, i risultati ottenuti dai non pochi controlli volumetrici eseguiti nelle diverse serie delle nostre osservazioni. In questa tavola riportiamo anche il risultato della prova qualitativa dei nitriti, indicando col segno + la presenza manifesta; con + +, la presenza più manifesta; con + + +, la presenza molto manifesta; con •, le tracce; con o, le tracce minime; con —, l'assenza.

Digitized by Google

N.°	PROVENIENZA DELL'ACQUA	TEMPERATURA DELL'ACQUA	OSSIGENO $^0/_{00}$ in cm³		NITRITI
			Metodo titrimetrico	Metodo volumetrico	
1	Osserv.ne A. Campione n. 6	12,8	8,41	8,35	++
2	id. » » 8	12,8	10,63	10,50	+
3	Osserv.ne B. » » 2	18,7	0,18	0	o
4	id. » » 8	20,2	3,41	3,30	●
5	id. » » 11	19,8	9,68	9,60	—
6	Osserv.ne C. » » 19	19,5	2,83	2,80	—
7	Osserv.ne D. » » 5 profondo	21	5,—	4,94	++
8	id. » » 6 »	22	9,09	9,00	o
9	id. » » 7 »	22	4,10	4,00	++
10	id. » » 10 »	22	8,05	8,00	++
11	id. » » 14 »	22	7,63	7,62	o
12	id. » » 17 »	22	5,43	5,30	++
13	id. » » 20 »	23	0,60	0,80	—
14	Osserv.ne E. » » 1 »	26	5,00	4,94	++
15	id. » » 5 »	28	0,20	0	+++
16	id. » » 6 »	31	11,63	11,63	●
17	id. » » 7 »	30	3,78	3,50	+++
18	id. » » 18 »	30	7,06	6,95	—
19	id. » » 19 »	27	2,28	2,28	●
20	id. » » 20 »	24	0,49	1,24	●
21	id. » » 21 »	24	2,85	2,05	—

Come si vede, l'errore del metodo titrimetrico è, nella massima parte dei casi, in eccesso; esso non supera mai 0,28 cm³, e di solito si mantiene molto al di sotto di questo valore; inoltre gli errori più rilevanti coincidono coi più alti contenuti di nitriti. Nel fare questa considerazione, prescindiamo dagli ultimi due risultati, in cui la differenza tanto rilevante tra i due metodi non può imputarsi ai nitriti, assenti o presenti in tracce, ma deve probabilmente spiegarsi con qualche errore di tecnica.

Determinazione della resistenza elettrica. — Poichè, come sarà detto nel capitolo dei *Risultati sperimentali,* questa determinazione ci ha dato dei risultati d'importanza pressochè nulla, nei rapporti della questione da noi studiata, crediamo

Digitized by Google

opportuno non indugiarci troppo a descrivere la ben nota base scientifica di questo metodo e la sua applicazione, attuata in maniera elegante ed esatta mediante il ponte di *Kohlrausch.*

Ricordiamo soltanto che questo metodo d'esame fu proposto la prima volta quasi contemporaneamente dal *Köppe* (1897) e dal *Mussi* (1898), per l'esame delle acque minerali. In questo stesso campo, nel 1902, lo stesso *Mussi,* in unione col prof. *Fedeli,* seguitò lo studio sopra il valore della ricerca, ed ebbe a consigliarla per la sua grande semplicità, esattezza e sensibilità. Il *Martel* (1906) riferisce che *Chanoz,* in Francia, ha applicato questo metodo alle acque minerali fin dal 1902, in unione con *Doyon.* In seguito il *Müller,* e poi il *Pleissner* nel 1901 e più recentemente il *Dienert,* (1903, 1905) e il *Guillerd* (1904) raccomandarono la misurazione della resistenza elettrica, per le *acque sotterranee,* come un metodo rapido e sensibile, per segnalare eventuali modificazioni nella loro mineralizzazione, come indirizzo d'un possibile inquinamento, da accertarsi coi metodi propri dell'esame delle acque. Ma si tratta finora di poco più di semplici proposte: le scarse applicazioni non consentono ancora di giudicare del valore igienico di questo metodo, come segnale di allarme d'un inquinamento delle acque sotterranee.

Comunque, trattandosi d'un metodo d'indagine ancora così poco studiato, non ci è parso privo d'interesse applicarlo allo studio delle acque fluviali nei rapporti della loro purificazione spontanea, applicazione non mai fatta fin qui. Abbiamo impiegato un reocordo lineare di platino, lungo un metro, con scala in millimetri; una ordinaria cassetta di resistenza; una vaschetta di vetro cilindrica, con elettrodi circolari di platino, del diametro di 35 mm, tenuti alla distanza di un cm. La forza elettromotrice era fornita da un accumulatore *Bottini* per galvanocaustica, che con la sua corrente, interrotta da un diapason da 100, serviva ad eccitare un piccolo rocchetto di *Ruhmkorff:* questo, alla sua volta, mandava la propria corrente nel sistema delle resistenze, secondo la disposizione testè indicata. Mediante prove preliminari, le dimensioni degli elettrodi, per la distanza di un centimetro, furono scelti tali, che la resistenza si tenesse entro i limiti consigliati dal *Kohlrausch* (da 30 ad alcune migliaia di ohm), come quelli che generalmente permettono una buona lettura. Abbiamo inoltre cercato di seguire sempre il consiglio dello stesso *Kohlrausch* di preferire, tra le resistenze di paragone, quelle che determinano una lettura non molto lontana dal centro del reocordo, il che rende possibile una esattezza maggiore.

Poichè avevamo soprattutto interesse a conoscere non tanto i valori assoluti, quanto le variazioni di essi lungo il Fiume Morto, abbiamo assunto senz'altro i valori direttamente rilevati. Sarebbe per altro facile riportare questi valori a un $cm.^3$, moltiplicandoli per 9,62, che è il numero dei cm^3 compresi tra i nostri elettrodi. Per la stessa ragione non abbiamo tenuto conto delle variazioni di temperatura, da una a un'altra serie di osservazioni; ma, sapendo come la temperatura, anco per

Digitized by Google

lievi oscillazioni, influisce moltissimo sulla resistenza d'un liquido, abbiamo avuto cura che tutte le determinazioni della stessa serie fossero fatte a temperatura identica.

Esame batteriologico. — L'esame batteriologico è uno dei metodi fondamentali per lo studio della purificazione spontanea dei fiumi; ma i risultati di essi hanno valore solo quando vengano messi in relazione con quelli degli altri metodi d'indagine, e con le condizioni di tempo e di luogo.

Il *Kabrhel* (1897), in considerazione appunto di questo concetto, distingueva: inquinamenti continui o normali (scoli di fabbriche, fogne) e inquinamenti temporanei (precipitazioni atmosferiche, con dilavamento dei terreni circostanti, o sommovimento del letto). È ovvia quindi la necessità (a cui noi abbiamo cercato di ottemperare il più possibile nelle nostre ricerche) di studiare il corso d'acqua in stagioni diverse, in diverse condizioni di portata e di velocità, tenendo stretto conto delle precipitazioni atmosferiche locali (inquinamento temporaneo), e della qualità e quantità degli scoli cittadini (inquinamento normale). Occorre inoltre evitare di trarre valori medi da serie d'esperienze fatte in condizioni differenti, e perciò non paragonabili. Così, per esempio, differenze d'inquinamento già molto manifeste, da un punto a un altro di un corso d'acqua, in condizioni di media portata, possono pel sopraggiungere d'una piena, scomparire; e così anche l'influenza d'affluenti inquinanti, e la stessa influenza della purificazione spontanea, possono venire più o meno mascherate. Sarebbe perciò grave errore voler ricavare un valore medio o trarre un giudizio conclusivo dal raggruppamento dei risultati ottenuti in condizioni di magra e di piena; o d'inverno e d'estate; oppure dopo la caduta d'un acquazzone locale, e dopo un lungo periodo di sereno. Occorre invece raccogliere le ricerche in gruppi omogenei, e, in base ai risultati di ciascun gruppo, giudicare del comportamento del fiume di fronte alle differenti condizioni. Ad accentuare la necessità di portare, sui risultati dell'esame batteriologico, il massimo rigore critico, ricordiamo i risultati delle ricerche fatte dal dott. *Mazza* (1898) sull'Adige. Queste ricerche provano che in una corrente superficiale, che non riceva per lungo tratto affluenti, il numero

Digitized by Google

dei microrganismi va, in ogni caso, scemando a valle del punto d'inquinamento; ma, d'altra parte, indipendentemente da ogni causa inquinante, può accadere che il contenuto batterico si innalzi durante le piene, dovute anche soltanto al maggiore afflusso di acque relativamente pulite, derivanti (come nel caso dell' Adige) dallo sciogliersi delle nevi all'origine del fiume. Ora, un tale aumento di germi non può spiegarsi, se non pensando che un certo numero di microrganismi, deposti sul letto del fiume, sieno rimossi e sollevati durante le piene. Il prof. *Di Vestea* (cfr. *Pagliani*, o. c., p. 279) ha osservato aumentare il numero dei germi nelle acque correnti, pel solo fatto del passaggio sotto a ponti, per alvei più stretti, e quindi con aumento di velocità: anche in questo caso, senza dubbio, l'aumento del numero dei germi è dovuto a sollevamento del fondo melmoso. E, in considerazione di quest' ultimo fatto, noi credemmo opportuno prelevare campioni a monte e a valle dei diversi ponti che attraversano il Fiume Morto, allo scopo di poter cogliere, con la maggior possibile fedeltà, il comportamento batterico del nostro corso d'acqua.

Nonostante le numerose cautele di cui dev' essere circondato così nella esecuzione come nella interpetrazione, l'esame batteriologico occupa pur sempre un posto importante nello studio della purificazione fluviale. Ci fu anzi un periodo, che la ricerca chimica veniva quasi del tutto trascurata, e ogni studio ponevasi nell' esame batteriologico. Questo esame ha un doppio significato: esso ci fornisce, in primo luogo, indicazioni circa le condizioni della vita batterica; e d'altra parte ci dà la misura della intensità dei fenomeni d'ossidazione, che avvengono nella massa dell'acqua.

Sulle relazioni tra diffusione di germi patogeni e processo di purificazione fluviale insistemmo nella prima parte di questo lavoro. Occorre invece qui fermarci a considerare ancora un poco il significato dell'esame batteriologico, come indice della intensità ossidativa e, indirettamente, della quantità delle sostanze organiche. Relazione non certo regolata dalle semplici ferree leggi di una equazione chimica, poichè nulla vi è di più complesso della vita batterica, in rapporto ai mutamenti del substrato nutritivo. Ma, pure entro i limiti di una estrema pieghevo-

Digitized by Google

lezza di vita, i batteri hanno esigenze molto differenti. Così è noto che, mentre l'acqua assolutamente priva di sostanze organiche e di sali è impropria alla vita batterica (*Miquel*, 1891), bastano minime tracce di sostanze organiche, in condizioni opportune di temperatura, per la vita di alcuni batteri che si trovano spesso nelle aque naturali; d'altra parte, altri batteri non abitualmente aquatili sono assai più esigenti così per la quantità come per la qualità del materiale nutritivo. Analogamente, in una corrente superficiale, al momento d'un inquinamento, pervengono numerosissimi germi, non abitualmente acquatili, i quali, dopo compiuta la ossidazione delle sostanze organiche disciolte, non tardano a perire, poichè nell'acqua da essi stessi purificata non trovano più le condizioni per la loro moltiplicazione. Questo modo di considerare la vita batterica in un fiume inquinato suppone naturalmente un nesso di causalità tra vita batterica e ossidazione delle sostanze organiche disciolte: questa relazione appunto è stata più volte dimostrata sperimentalmente; e però fu mostrata destituita d'ogni fondamento l'opinione che la mineralizzazione delle sostanze organiche, nell'acqua come nel suolo, si compiesse esclusivamente per l'azione diretta dell'ossigeno dell'aria. Al controllo sperimentale, quest'azione è risultata pressochè nulla: una serie di sperimentatori (*Müller, Schlösing* e *Muntz, Warrinton, Soyka, Emich, Moser, Uffelmann, Salkowsky, Adametz;* cfr. *Tiemann-Gärtner,* o. c., p. 544) hanno dimostrato che, soppressa in un modo qualsiasi la vita batterica in un'acqua impura, si sopprime altresì ogni fenomeno di ossidazione, nonostante che mediante continuo gorgogliamento d'aria sterile l'acqua sia messa nelle migliori condizioni per una ossidazione chimica. *Spitta* (o. c., 1900, p. 238) poi, ricercando sistematicamente il consumo di ossigeno nelle acque, potè dimostrare che, quando venga impedito l'accesso dell'ossigeno atmosferico, l'ossigeno disciolto in un'acqua discende a poco a poco a zero, e tanto più rapidamente, quanto più l'acqua è ricca di sostanze organiche. Un tale consumo d'ossigeno, per la massima parte, è determinato dalla vita batterica; la possibilità di una diretta ossidazione, per parte dell'ossigeno atmosferico, cioè di una ossidazione puramente chimica, rimane limitata, allo stato attuale delle nostre conoscenze, alla ossidazione dell'ossidulo di ferro in idrato ferrico, e dell'acido solfidrico, con produzione d'acqua e solfo libero.

Digitized by Google

Spitta inoltre ha potuto dimostrare che l'aggiunta di piccole quantità di materiale nutritivo all'acqua favorisce straordinariamente, insieme con la moltiplicazione dei germi, il consumo di ossigeno.

Il nesso intimo tra vita batterica e ossidazione delle sostanze disciolte, in un'acqua, non può dunque ormai essere revocato in dubbio; ed appare insostenibile l'opinione di *Goldschmidt, Luxemburger, Neumayer* e *Prausnitz* (1898), che cioè le purificazione spontanea dei fiumi non venga influenzata dall'attività dei microrganismi.

Si può dunque dire che la diminuzione dei batteri non costituisce per sè stessa la purificazione di un'acqua, ma è l' indice della compiuta purificazione, quale effetto della ossidazione biochimica delle sostanze organiche disciolte.

Così posta la questione, risulta evidente che l'ossimetria e l'esame batteriologico, integrandosi a vicenda, costituiscono i metodi fondamentali per lo studio della purificazione spontanea dei fiumi.*

Circa la tecnica dell'esame batteriologico, ci si presentavano due quesiti da risolvere: stabilire il modo più conveniente pel prelevamento dei campioni; scegliere il terreno nutritivo più adatto.

Abbiamo già descritto il metodo da noi tenuto pel prelevamento dei campioni: esso non è certo esente da difetti, soprattutto per l'esigua quantità di acqua che le pipette Tursini permettono di prelevare. Il dott. *Pasquini* (1906) in alcune ricerche sulla tecnica per l'esame batteriologico delle acque, riconosce la necessità di prelevare campioni di almeno 100 cm^3, e di fare le diluizioni con non meno di 10 cm^3 dell'acqua in esame. Ma le nostre condizioni di esperimento e la necessità di prelevare numerosi campioni ci hanno impedito di operare su rilevanti quantità d'acqua. Del resto, a noi importava conoscere non tanto il numero assoluto dei batteri, quanto essenzialmente di ottenere, con un metodo rigorosamente costante, dei risultati tra loro paragonabili. E crediamo che, a questo scopo, la tecnica da noi seguita sia sufficiente.

Per ottenere una assoluta costanza di metodo, importava soprattutto preparare un terreno nutritivo di composizione semplice e ben definita. Ottimo, sotto questo punto di vista, ci si presentava l'agar proposto da *Hesse* e *Niedner* (1899). Se non che l'applicazione di questo terreno nutritivo allo studio dei fiumi inquinati, presenta degli inconvenienti, messi in luce dagli studi del *Müller* (1900). Questo autore ha

* A lavoro compiuto, abbiamo conoscenza di tre recenti pubblicazioni del *Kisskalt* (1906), del *Brezina* (1906) e del *Korschun* (1907), in cui si dà molta importanza alla prova ossimetrica e all'esame batteriologico nello studio dell'inquinamento e della purificazione dei fiumi.

Digitized by Google

trovato che, sull'agar di *Hesse* e *Niedner*, crescono i batteri acquatili molto più numerosi che non sopra i comuni terreni nutritivi. Per contrario questo agar, quanto alla moltiplicazione di germi giunti nell'acqua insieme con le sostanze inquinanti, non presenta alcun vantaggio sopra i terreni ordinari. E però, trattandosi, come è il caso più frequente nell'esame batteriologico delle acque, di arguire dall'altezza del contenuto batterico l'esistenza d'un eventuale inquinamento, il metodo di *Hesse* e *Niedner* non sarebbe, secondo *Müller*, punto raccomandabile; poichè gli innocui batteri acquatili possono, in un'acqua pura e non sospetta, dare, sopra questo terreno nutritivo, il risultato di un contenuto batterico sproporzionatamente alto; mentre, d'altra parte, piccoli inquinamenti che riuscirebbero molto manifesti sulle comuni piastre di gelatina, non risulterebbero invece evidenti, adoprando l'agar di *Hesse* e *Niedner*. Dopo alcune prove preliminari, trovammo conveniente impiegare una gelatina al 15 %, preparata, in parte, secondo le indicazioni di *Abba* (1900), nel modo seguente.

A 1000 cm³ d'acqua di fonte, in un grosso pallone, si aggiungono 150 g di colla di pesce e 6 g di estratto Liebig, e quindi si porta il pallone nella pentola di *Koch* a 100° C. per circa 20', tempo sufficiente a sciogliere la gelatina e l'estratto. Si raffredda verso 50° C., si alcalinizza leggermente con carbonato sodico (indice il tornasole), si aggiunge un bianco d'uovo bene sbattuto, e si riporta nella pentola di *Koch* dove si tiene per un'ora precisa a 100° C. La gelatina, già perfettamente chiarificata, si filtra a caldo, per carta da filtro molto porosa, e si distribuisce in palloncini di circa 200 cm³, per la sterilizzazione frazionata.

Preparammo in principio circa 6 litri di questa gelatina, ottenendo così una massa omogenea che ci servì per tutto il periodo delle nostre ricerche.

Da diverse prove comparative istituite tra la nostra gelatina 15 % e la gelatina ordinaria 10 %, non si ebbero a rilevare differenze notevoli nel numero delle colonie e delle specie. Avevamo così ottenuto di preparare un terreno nutritivo, il quale, pur dando dei risultati perfettamente paragonabili a quelli della gelatina ordinaria, presentava, per noi, il doppio vantaggio di una composizione molto più semplice e di un costo molto più basso.

Dicemmo già che l'esame batteriologico veniva fatto nel giorno stesso del prelevamento dei campioni: un decimo di cm³ di ogni singolo campione diligentemente agitato, veniva diluito in cm³ 9,9 d'acqua distillata sterilizzata. Di ciascuna diluizione, accuratamente agitata, si seminavano due decimi di cm³, in ciascuna di due grandi scatole di *Petri* di 14 cm di diametro; sicchè la quantità seminata di ciascuna diluizione era di quattro decimi di cm³. Le 88 scatole, appena solidificate, venivano collocate in un termostato a mantello d'acqua, in cui si conservava una temperatura di circa 20° C. La numerazione delle colonie veniva fatta il più tardi possibile, di solito in quinta giornata.

Digitized by Google

Capitolo III.

Descrizione generale delle osservazioni.

Dalle tavole I-V, relative alle nostre cinque serie di osservazioni, risulta che il periodo di dette osservazioni si estende dal Marzo al Luglio 1906, abbraccia cioè un lasso di tempo relativamente lungo, che permette di apprezzare la eventuale influenza delle stagioni temperata e calda.

Ci è sembrato conveniente di evitare di eseguire le nostre spedizioni al Fiume Morto subito dopo la caduta di pioggie; e ciò allo scopo di premunirci dalle molteplici e svariate cause di perturbazione che le pioggie medesime sogliono indurre nei corsi d'acqua, perturbazioni che provengono essenzialmente dal dilavamento delle rive e terreni adiacenti e dal sommovimento del letto del corso d'acqua.

Riportiamo nella tavola seguente il regime pluviometrico nel periodo delle nostre ricerche (Marzo-Giugno), quale abbiamo potuto ricavare dalle osservazioni udometriche dell'Osservatorio di Asciano, posto agli estremi limiti del bacino imbrifero, e da quelle dell'Osservatorio di Santa Caterina, posto in prossimità delle origini dell'Oseretto:

Digitized by Google

Pioggia caduta in mm.

	MARZO		APRILE			MAGGIO			GIUGNO		
	Pisa	Asciano		Pisa	Asciano		Pisa	Asciano		Pisa	Asciano
1	—	—	1	—	—	1	4,0	2,6	1	—	—
2	—	11,3	2	—	—	2	—	0,6	2	—	—
3	—	1,4	3	gocce	—	3	—	—	3	—	—
4	—	—	4	—	0,2	4	—	—	4	—	—
5	—	—	5	—	—	5	—	—	5	—	—
6	0,5	—	6	—	—	6	gocce	9,7	6	—	—
7	—	—	7	—	—	7	—	—	7	—	—
8	—	—	8	—	—	8	—	1,2	8	—	—
9	1,5	1,2	9	—	—	9	—	3,6	9	—	—
10	—	—	10	—	—	10	—	—	10	7,0	7,7 *
11	—	—	11	—	—	11	—	—	11	*Osservazione D*	
12	1,8	2,4	12	—	—	12	0,3	—	12	—	—
13	—	—	13	—	—	13	*Osservazione C*		13	—	—
14	gocce	3,7	14	—	—	14	—	—	14	—	—
15	*Osservazione A*		15	—	—	15	1,0	1,4	15	7,5	2,8
16	—	—	16	—	—	16	10,8	10,0	16	—	—
17	—	—	17	0,2	—	17	51,5	80,4	17	—	—
18	—	—	18	—	4,0	18	0,2	0,4	18	—	—
19	—	—	19	14,5	20,0	19	22,0	21,5	19	5,5	7,8
20	—	3,6	20	—	—	20	—	0,8	20	1,0	1,0
21	2,0	2,0	21	0,2	—	21	5,9	10,2	21	—	—
22	7,5	5,7	22	*Osservazione B*		22	—	1,6	22	—	—
23	20,0	17,3	23	—	2,8	23	—	—	23		
24	5,0	20,8	24	—	—	24	—	—	24	—	—
25	9,0	16,0	25	4,5	2,3	25	—	—	25	29,0	27,3
26	14,5	10,0	26	4,5	1,8	26	—	—	26	—	—
27	1,7	10,0	27	11,5	17,4	27	—	—	27	—	—
28	3,5	1,1	28	—	—	28	—	—	28	*Osservazione E*	
29	0,5	—	29	0,5	1,4	29	—	—	29	—	—
30	—	—	30	14,—	12,0	30	—	—	30	—	—
31	—	—				31	—	—			

* Nelle adiacenze del Fiume Morto non è piovuto.

Digitized by Google

È facile desumere da questa tavola come le nostre gite cadano in giornate libere da precipitazioni atmosferiche; quelle del 15 Marzo, 13 Maggio e 10 Giugno sono precedute da un periodo relativamente lungo di tempo sereno; quella del 22 Aprile capita a distanza di due giorni dalla caduta di una pioggia poco abbondante; quella infine del 28 Giugno è preceduta da una pioggia di 28 mm. circa caduta due giorni avanti.

L' ing. *Odifredi* calcola « in due giorni circa il tempo che passa tra lo stato di magra e quello di massima piena del canale maestro, dato che, per la forma regolare del nostro bacino, il momento dell'arrivo allo stato di massima piena coincide con quello in cui giunge la prima acqua dai terreni più lontani ». Si può quindi calcolare che in quattro o cinque giorni si dilegui l'effetto di una piena da precipitazione meteorica.

Per queste considerazioni possiamo asserire che le nostre osservazioni non cadono mai in periodo di grandi piene; sibbene alcune di esse in periodi di magra, altre in periodi influenzati da modiche pioggie recenti.

Circa le variazioni stagionali, facciamoci a studiare come nelle varie osservazioni si sia comportata la temperatura dell'acqua e dell'aria. Il seguente specchietto ci mostra i massimi ed i minimi di temperatura dell'aria e dell'acqua che abbiamo riscontrato nelle singole osservazioni:

OSSERVAZIONI	TEMPERATURA DELL'ARIA		TEMPERATURA DELL'ACQUA		DURATA DELLA OSSERVAZIONE	
	massimo	minimo	massimo	minimo	dalle ore	alle ore
A	16°, 1	9°, 8	12°, 8	9°, 2	9, 20	17, 30
B	17°, 5	13°	22°	16°, 8	8, 30	16, 40
C	23°	19°, 5	23°	17°, 5	8, 50	16, 20
D	23°, 4	18°	23°	20°, 2	7, 35	15, 30
E	31°, 8	22°	29°	25°	6, 00	15, 40

Come si vede dalle cifre riportate, per riguardo alla temperatura dell'acqua, ci siamo trovati nelle più diverse condizioni nelle nostre varie gite, perchè dalla prima osservazione del Marzo, con un minimo di 9°, 2,

Digitized by Google

si arriva a quella del Luglio con un massimo di 29° C. Le varie oscillazioni termiche nel corso della giornata si possono rilevare nella loro ampiezza e nel loro comportamento dalle cifre riportate nelle tavole, dalle quali inoltre si rilevano le differenze fra temperatura dell'acqua e dell'aria nei singoli punti e nelle varie ore della giornata.

Rivolgemmo speciale cura a determinare, in ogni nostra spedizione e per tutti i punti di prelevamento dei campioni, la velocità e la portata del corso d'acqua, rilevando la prima direttamente, come è stato detto nel capitolo della *Tecnica,* calcolando la seconda colla applicazione delle formule, cui abbiamo accennato nella descrizione del Fiume Morto e che abbiamo riportate nelle tavole I-V.

Incominciamo subito a dire che nelle osservazioni *B* e *C,* la velocità e quindi la portata ci son risultate nulle a causa del vento contrario al decorso della corrente nella prima, e a causa della relativa magra nella seconda; infatti in quella le cateratte ci si presentarono perfettamente chiuse, in questa si rilevò un minimo di profondità. Nelle altre tre osservazioni tanto la velocità quanto la portata mostrarono vario comportamento. In generale, come è stato già detto, la velocità che presenta il nostro corso d'acqua è di solito assai scarsa, come si può desumere dal seguente specchietto che riporta i massimi e i minimi di velocità osservati per ciascuna gita:

OSSERVAZIONI	VELOCITÀ in m al m''	
	massima	minima
A	0,50	0,10
D	0,38	0,06
E	0,20	0,05

Le oscillazioni assai ampie che si verificano per la velocità lungo il decorso del canale, e che si possono rilevare dalle cifre delle tavole, si devono a numerosi fattori fra i quali ricordiamo la larghezza, la pro-

Digitized by Google

fondità e il profilo del canale, il sopraggiungere di affluenti, la velocità e il comportamento di questi, ecc. ecc.

I dati pluviometrici e le ordinarie immissioni degli scoli nel canale collettore non varrebbero a spiegarci il comportamento della profondità, velocità e portata della gita *B*, se non tenessimo conto del fatto che appunto in coincidenza con questa gita venne eseguita un'abbondante cacciata d'acqua dal Canale Macinante alla Fossa Murata e quindi al Fosso Scorno, perturbando così in modo speciale, in parte anche nel Fiume Morto, i normali rapporti di profondità, velocità e portata.

Rimandando alle tavole annesse per le particolarità relative ai caratteri dell'acqua nei singoli punti di prelevamento, ci limitiamo qui ad accennare ad alcune particolarità osservate nelle diverse spedizioni, senza le quali non si potrebbero comprendere alcuni fatti relativi specialmente all'Oseretto, che abbiamo detto doversi considerare come la più cospicua fonte d'inquinamento del Fiume Morto.

Nelle gite *A* e *B*, e sopratutto nella gita *C*, l'Oseretto ci si presenta quasi con i caratteri di un collettore di liquidi cloacali; l'acqua è torbidissima, fortemente colorata in iscuro ed emana sgradite esalazioni.

Nelle ultime due gite, e specialmente in quella *D*, nonostante si sia in piena estate, le acque dell'Oseretto non si differenziano gran cosa da quelle del successivo tratto del corso d'acqua, e ciò a causa delle già riferite cacciate d'acqua del Canale Macinante e, per l'ultima spedizione, a causa della recente pioggia.

Le colorazioni rossastre delle acque dell'Oseretto, indicate in alcune delle tavole più volte ricordate, dipendono da immissioni di rifiuti delle tintorie ricordate nella descrizione generale del Fiume Morto. Oltre a queste colorazioni rossastre, ci è occorso di osservare in alcune gite preliminari, fatte allo scopo di studiare il decorso ed i rapporti dell'Oseretto, le colorazioni più varie dipendenti dalle medesime tintorie adiacenti al canale.

In questi brevi cenni descrittivi sulle nostre osservazioni, non crediamo opportuno indugiarci davvantaggio su tutti i particolari, che si possono agevolmente rilevare dalle seguenti tavole:

Digitized by Google

TAV. I. **Generalità sulla Osservazione A.**

CAMPIONI	LOCALITÀ CUI CORRISPONDONO I CAMPIONI	DISTANZA DALL'INIZIO in metri	ORA DEL PRELEVAMENTO DEL CAMPIONE	TEMPERATURA DELL'ARIA	TEMPERATURA DELL'ACQUA	PROFONDITÀ	VELOCITÀ DELLA CORRENTE in m al m.'	PORTATA		ASPETTO DELL'ACQUA **
								Formule adoperate per calcolarla *	Portata in m³ al m.'	
1	*Oseretto* sotto le mura cittadine	0	17,30	14°,1	12°,2	0,40	0,50	$q = (1{,}53h+0{,}9h^2)\,v$	0,375	Torbidissima, lieve riflesso roseo, molte sostanze sospese.
2	» 50 m a valle Ferrovia	300	17,15	14°,1	12°	0,70	0,20	» »	0,302	Torbida, lieve riflesso roseo, sostanze sospese.
3	» » a valle confl. Marmigliaio . . .	550	17,10	14°,2	12°	0,50	0,18	$q = (1{,}8h+0{,}9h^2)\,v$	0,201	» »
4	» » a monte Cimitero	1115	16,50	14°,4	11°,7	0,60	0,16	$q = (2{,}25h+0{,}9h^2)\,v$	0,259	Torbiccia, forte colorazione rosea.
5	» » a valle »	1215	16,35	14°,7	11°,8	0,40	0,15	$q = (2{,}7h+0{,}9h^2)\,v$	0,183	» »
6	*Martraverso 50 m a monte confl. Scorno.* . .	—	*16,10*	*15°*	*12°*	*1,00*	*0,08*	$q = (5{,}84h+0{,}9h^2)\,v$	*0,539*	*Molto torbida.*
7	*Scorno* idrometro sotto confl. Martraverso . . .	1875	15,45	15°,3	12°,5	0,90	0,10	$q = (9{,}4h+0{,}9h^2)\,v$	0,918	» »
8	» 50 m a monte Ponte Ferrovia	2450	15,30	15°,8	12°,8	0,80	0,16	$q = (9{,}9h+0{,}9h^2)\,v$	1,460	Torbida, lieve riflesso roseo.
9	» » a valle » »	2550	15,—	16°	12°,7	0,50	0,11	» »	0,568	» »
10	» » a monte Ponte Biacchi	3300	14,45	16°,1	12°,6	0,60	0,12	$q = (10{,}8h+0{,}9h^2)\,v$	0,816	Torbiccia, lieve riflesso roseo.
11	» » a valle » »	3400	14,30	16°,1	12°,5	0,65	0,12	» »	0,886	Torbiccia per sostanze sospese visibili.
12	» idrometro della Sterpaja	5000	14,10	16°	12°,4	0,95	0,16	$q = (11{,}7h+0{,}9h^2)\,v$	1,891	Non molto limpida.
13	*Cuccia 50 m a monte confl. Scorno.*	—	*14,—*	*15°,5*	*12°*	*1,45*	*0,18*	$q = (6{,}7h+0{,}9h^2)\,v$	*2,088*	*Discretamente limpida.*
14	*Scorno* 50 m a valle confl. Cuccia	5100	13,50	15°,1	11°,5	1,10	0,38	$q = (13h+0{,}9h^2)\,v$	5,844	Poco limpida.
15	*Anguillara 50 m a monte confl. Fiume Morto.*	—	*13,30*	*14°,7*	*11°,5*	*1,15*	*0,30*	$q = (8{,}14h+0{,}9h^2)\,v$	*3,192*	*Non molto limpida.*
16	*Fiume Morto* 50 m a valle confl. Anguillara .	5425	13,25	13°	10,°5	1,70	0,35	$q = (12{,}6h+0{,}9h^2)\,v$	8,407	Discretamente limpida e incolora.
17	» idrometro a valle Ponte Sterpaja.	5625	13,—	12°,2	9°,9	1,80	0,30	$q = (10{,}8h+0{,}9h^2)\,v$	6,705	» »
18	» termine 2ª curva	8100	11,30	12°	9°,9	1,90	0,28	$q = (10h+0{,}9h^2)\,v$	5,560	» »
19	» 50 m a monte Ponte Rosso. . .	10575	10,50	11°,3	9°,8	1,80	0,25	$q = (13{,}5h+0{,}9h^2)\,v$	6,800	» »
20	» idrometro Ponte Rosso	10675	10,20	10°,9	9°,5	1,95	0,28	» »	8,320	» »
21	» 50 m a monte Cateratte. . . .	11575	9,40	10°	9°,3	2,50	0,30	$q = (18h+0{,}9h^2)\,v$	15,180	Non molto limpida: sostanze sospese visibili.
22	» » a valle » . . .	11675	9,20	9°,8	9°,2	1,50	0,35	» »	11,150	» »

* q = portata, h = altezza o profondità, v = velocità.

** Messe le bottiglie in ordine secondo la numerazione dei campioni, si nota che la limpidezza va in genere scemando dalla prima all'ultima. La prima metà si presenta torbida, la seconda metà discretamente limpida. Nella prima metà si hanno vari campioni colorati in roseo, in modo speciale i campioni n. 4 e n. 9 (Rifiuti di una tintoria).

Digitized by Google

TAV. II. **Generalità sulla Osservazione B.**

CAMPIONI	LOCALITÀ CUI CORRISPONDONO I CAMPIONI	DISTANZA DALL'INIZIO in metri	ORA DEL PRELEVAMENTO DEL CAMPIONE	TEMPERATURA DELL'ARIA	TEMPERATURA DELL'ACQUA	PROFONDITÀ	VELOCITÀ DELLA CORRENTE in m al m.''	PORTATA		ASPETTO DELL'ACQUA *
								Formule adoperate per calcolarla	Portata in m³ al m.''	
1	*Oseretto* sotto le mura cittadine	0	16,40	16°,2	18°,5	0,25	0,00	—	0,00	Torbiccia con sost. sospese.
2	» 50 m a valle Ferrovia	300	16,30	16°	18°,6	0,50	»	—	»	» »
3	» » a valle confl. Marmigliaio . . .	550	16,15	16°	18°,7	0,75	»	—	»	» »
4	» » a monte Cimitero	1115	16,—	16°	19°	1,00	»	—	»	» »
5	» » a valle »	1215	15,40	16°	19°,2	0,94	»	—	»	Torbida con lieve rifl. roseo.
6	*Martraverso 50 m a monte confl. Scorno.* . .	—	*15,15*	*16°*	*20°*	*1,04*	»	—	»	*Quasi limpida.*
7	*Scorno* idrometro sotto confl. Martraverso . . .	1875	15,10	15°,6	20°	0,52	»	—	»	» »
8	» 50 m a monte Ponte Ferrovia	2450	14,30	15°,5	20°,2	0,73	»	—	»	Limpida e incolora.
9	» » a valle » »	2550	13,55	15°,5	20°	0,65	»	—	»	» »
10	» » a monte Ponte Biacchi	3300	13,30	17°,5	20°,2	0,58	»	—	»	Quasi limpida con scarsi filamenti sospesi di alghe.
11	» » a valle » »	3400	13,05	13°,5	19°,8	0,45	»	—	»	» »
12	» idrometro della Sterpaja	5000	13,—	13°	19°	0,72	»	—	»	Torbiccia. Filamenti d'alghe sospesi.
13	*Cuccia 50 m a monte confl. Scorno.*	—	*12,10*	*15°*	*18°,5*	*1,10*	»	—	»	*Quasi limpida.*
14	*Scorno* 50 m a valle confl. Cuccia	5100	12,30	15°	18°,5	0,80	»	—	»	» »
15	*Anguillara 50 m a monte confl. Fiume Morto.*	—	*12,10*	*15°,5*	*18°*	*0,73*	»	—	»	— —
16	*Fiume Morto* 50 m a valle confl. Anguillara .	5425	11,35	16°,5	18°,4	1,02	»	—	»	Quasi limpida con poche sostanze sospese.
17	» idrometro a valle Ponte Sterpaia.	5625	11,20	16°,5	18°	1,43	»	—	»	Torbiccia per minutissime particelle sospese.
18	» termine 2ª curva	8100	10,30	16°	17°,5	1,70	»	—	»	» »
19	» 50 m a monte Ponte Rosso. . .	10575	10,15	14°,8	16°,8	1,65	»	—	»	» »
20	» idrometro Ponte Rosso	10675	10,—	14°,5	16°,8	1,60	»	—	»	» »
21	» 50 m a monte Cateratte. . . .	11575	9,—	15°	17°,6	1,68	»	—	»	» »
22	» » a valle » . . .	11675	8,30	14°,5	17°,6	1,00	»	—	»	» »

* Disposti i campioni in ordine numerico, si nota una zona di mediocre torbidezza che dalla foce n. 22 si estende, diminuendo d'intensità, fino al n. 17. Segue una zona di discreta limpidezza dal n. 17 al n. 6, coll'eccezione del n. 12 che è un po' torbido. Dopo il n. 5, che è torbissimo, la torbidezza perdura fino al campione n. 1 sebbene in grado minore.

Digitized by Google

TAV. III. **Generalità sulla Osservazione C.**

CAMPIONI	LOCALITÀ CUI CORRISPONDONO I CAMPIONI	DISTANZA DALL'INIZIO in metri	ORA DEL PRELEVAMENTO DEL CAMPIONE	TEMPERATURA DELL'ARIA	TEMPERATURA DELL'ACQUA	PROFONDITÀ	VELOCITÀ DELLA CORRENTE in m al m.'	PORTATA		ASPETTO DELL'ACQUA *	
								Formule adoperate per calcolarla	Portata in m³ al m.'		
1	*Oseretto* sotto le mura cittadine	0	16,20	23°	22°,5	0,30	0,00	—	0,00	Torbida, nerastra con riflessi rossastri.	
2	» 50 m a valle Ferrovia	300	16,10	23°,1	22°,5	0,50	»	—	»	»	»
3	» » a valle confl. Marmigliaio . . .	550	15,50	23°	22°	0,70	»	—	»	»	»
4	» » a monte Cimitero	1115	15,25	23°	21°,9	0,60	»	—	»	»	»
5	» » a valle »	1215	15,10	22°,6	22°	0,75	»	—	»	Torbidissima, nerastra con riflessi rossastri.	
6	*Martraverso 50 m a monte confl. Scorno.* . .	—	*14,55*	*22°,5*	*22°*	*0,65*	»	—	»	*Limpida, pochi filamenti di alghe sospesi.*	
7	*Scorno* idrometro sotto confl. Martraverso . . .	1875	14,35	22°,5	21°,5	0,50	»	—	»	Discretamente limpida con particelle filamentose sospese.	
8	» 50 m a monte Ponte Ferrovia	2450	14,25	22°	21°,5	0,75	»	—	»	»	»
9	» » a valle » »	2550	14,15	22°	22°	0,50	»	—	»	»	»
10	» » a monte Ponte Biacchi	3300	13,40	21°,5	23°	0,50	»	—	»	»	»
11	» » a valle » »	3400	13,20	21°,5	23°	0,40	»	—	»	Discretamente limpida, scarse particelle sospese.	
12	» idrometro della Sterpaja	5000	12,55	20°,8	21°,6	0,78	»	—	»	»	»
13	*Cuccia 50 m a monte confl. Scorno*	—	*12,50*	*19°,5*	*19°,5*	*0,70*	»	—	»	»	»
14	*Scorno* 50 m a valle confl. Cuccia	5100	12,40	21°,5	19°,5	0,75	»	—	»	»	»
15	*Anguillara 50 m a monte confl. Fiume Morto.*	—	*12,25*	*22°*	*21°,5*	*0,88*	»	—	»	»	»
16	*Fiume Morto* 50 m a valle confl. Anguillara .	5425	12,15	22°,5	21°,5	0,98	»	—	»	»	»
17	» idrometro a valle Ponte Sterpaja.	5625	12,10	21°,6	21°,5	1,40	»	—	»	»	»
18	» termine 2ª curva	8100	11,15	19°,5	22°	1,75	»	—	»	Torbiccia con sost. sospese.	
19	» 50 m a monte Ponte Rosso. . .	10575	10,05	20°,5	19°,5	1,75	»	—	»	»	»
20	» idrometro Ponte Rosso	10675	10,00	20°,5	19°	2,15	»	—	»	»	»
21	» 50 m a monte Cateratte	11575	9,45	21°	19°	1,55	»	—	»	»	»
22	» » a valle » . . .	11675	8,50	20°,5	17°,5	1,10	»	—	»	»	»

* Circa i caratteri generali presentati dai campioni in serie si può ripetere precisamente quanto fu notato per la osservazione *B*.

Digitized by Google

TAV. IV. **Generalità sulla Osservazione D.**

CAMPIONI	LOCALITÀ CUI CORRISPONDONO I CAMPIONI	DISTANZA DALL'INIZIO in metri	ORA DEL PRELEVAMENTO DEL CAMPIONE	TEMPERATURA DELL'ARIA	TEMPERATURA DELL'ACQUA	PROFONDITÀ	VELOCITÀ DELLA CORRENTE in m al m.″	PORTATA: Formule adoperate per calcolarla *	PORTATA: Portata in m³ al m.″	ASPETTO DELL'ACQUA
1	*Oseretto* sotto le mura cittadine	0	15,30	23°,4	20°,2	1,00	0,38	$q = (1{,}53h+0{,}9h^2)\,v$	0,912	I campioni differiscono poco gli uni dagli altri pel carattere della limpidezza: i primi e gli ultimi presentano un lieve grado di torbidezza con minute particelle sospese. I campioni intermedi sono invece discretamente limpidi e presentano scarse particelle sospese. Tutti sono incolori. L'acqua filtrata è perfettamente limpida.
2	» 50 m a valle Ferrovia	300	15,15	23°,3	20°,5	0,90	0,30	» »	0,567	
3	» » a valle confl. Marmigliaio . . .	550	15,—	23°,2	21°,2	0,97	0,25	$q = (1{,}8h+0{,}9h^2)\,v$	0,645	
4	» » a monte Cimitero	1115	14,40	23°,1	21°,4	1,30	0,18	$q = (2{,}25h+0{,}9h^2)\,v$	0,799	
5	» » a valle »	1215	14,15	23°	21°,5	1,33	0,15	$q = (2{,}7h+0{,}9h^2)\,v$	0,790	
6	*Martraverso 50 m a monte confl. Scorno.* . .	—	*11,—*	*22°,5*	*22°*	*1,43*	*0,22*	$q = (5{,}84h+0{,}9h^2)\,v$	*2,239*	
7	*Scorno* idrometro sotto confl. Martraverso . . .	1875	13,45	22°,3	22°,2	1,25	0,20	$q = (9{,}4h+0{,}9h^2)\,v$	2,620	
8	» 50 m a monte Ponte Ferrovia	2450	13,35	22°	22°,3	1,15	0,20	$q = (9{,}9h+0{,}9h^2)\,v$	2,492	
9	» » a valle » »	2550	13,—	21°	22°,2	1,05	0,16	» »	1,820	
10	» » a monte Ponte Biacchi	3300	12,40	23°	22°,2	1,15	0,15	$q = (10{,}8h+0{,}9h^2)\,v$	1,940	
11	» » a valle » »	3400	12,30	23°	22°,3	0,92	0,15	» »	1,602	
12	» idrometro della Sterpaja	5000	12,—	22°	22°,1	0,70	0,15	$q = (11{,}7h+0{,}9h^2)\,v$	1,294	
13	*Cuccia 50 m a monte confl. Scorno.*	—	*11,50*	*22°,5*	*22°*	*1,00*	*0,08*	$q = (6{,}7h+0{,}9h^2)\,v$	*0,608*	
14	*Scorno* 50 m a valle confl. Cuccia	5100	11,40	22°,4	22°	0,90	0,12	$q = (13h+0{,}9h^2)\,v$	1,490	
15	*Anguillara 50 m a monte confl. Fiume Morto.*	—	*11,20*	*22°*	*22°,9*	*1,00*	*0,10*	$q = (8{,}14h+0{,}9h^2)\,v$	*0,901*	
16	*Fiume Morto* 50 m a valle confl. Anguillara. .	5425	11,15	20°	22°,9	1,10	0,08	$q = (12{,}6h+0{,}9h^2)\,v$	1,175	
17	» idrometro a valle Ponte Sterpaja.	5625	10,50	18°	22°	1,65	0,06	$q = (10{,}8h+0{,}9h^2)\,v$	1,215	
18	» termine 2ª curva	8100	10,—	22°	21°,9	1,95	0,08	$q = (10h+0{,}9h^2)\,v$	1,833	
19	» 50 m a monte Ponte Rosso. . .	10575	8,30	20°	23°	2,00	0,11	$q = (13{,}5h+0{,}9h^2)\,v$	3,366	
20	» idrometro Ponte Rosso	10675	8,20	20°	23°	2,50	0,12	» »	4,724	
21	» 50 m a monte Cateratte. . . .	11575	7,45	18°,8	23°	2,10	0,13	$q = (18h+0{,}9h^2)\,v$	5,428	
22	» » a valle » . . .	11675	7,35	18°,1	22°,1	1,80	0,15	» »	5,161	

* q = portata, h = altezza o profondità, v = velocità.

Digitized by Google

TAV. V.

Generalità sulla Osservazione E.

CAMPIONI	LOCALITÀ CUI CORRISPONDONO I CAMPIONI	DISTANZA DALL'INIZIO in metri	ORA DEL PRELEVAMENTO DEL CAMPIONE	TEMPERATURA DELL'ARIA	TEMPERATURA DELL'ACQUA	PROFONDITÀ	VELOCITÀ DELLA CORRENTE in m al m.'	PORTATA		ASPETTO DELL'ACQUA
								Formule adoperate per calcolarla *	Portata in m³ al m.'	
1	*Oseretto* sotto le mura cittadine	0	15,40	31°,8	26°	1,22	0,20	$q = (1{,}53h+0{,}9h^2)\,v$	0,638	Torbiccia ma incolora.
2	» 50 m a valle Ferrovia	300	15,20	31°	27°	1,50	0,15	» »	0,646	» »
3	» » a valle confl. Marmigliaio . . .	550	15,10	31°	27°	0,80	0,15	$q = (1{,}8h+0{,}9h^2)\,v$	0,301	Torbiccia con lieve colorazione bruna-rosea.
4	» » a monte Cimitero	1115	14,55	31°	27°	0,80	0,10	$q = (2{,}25h+0{,}9h^2)\,v$	0,237	» »
5	» » a valle »	1215	14,30	30°,5	28°	0,90	0,06	$q = (2{,}7h+0{,}9h^2)\,v$	0,189	» »
6	*Martraverso 50 m a monte confl. Scorno.* . .	—	*14,—*	*31°*	*29°*	*1,00*	*0,09*	$q = (5{,}84h+0{,}9h^2)\,v$	*0,606*	*Discretamente limpida.*
7	*Scorno* idrometro sotto confl. Martraverso. . .	1875	13,55	30°	27°	0,60	0,10	$q = (9{,}4h+0{,}9h^2)\,v$	0,599	Torbiccia, lievemente bruna.
8	» 50 m a monte Ponte Ferrovia	2450	13,20	30°	28°	0,86	0,08	$q = (9{,}9h+0{,}9h^2)\,v$	0,635	Discretamente limpida.
9	» » a valle » »	2550	13,15	29°	27°	0,50	0,07	» »	0,361	» »
10	» » a monte Ponte Biacchi	3300	12,25	28°	28°	0,73	0,05	$q = (10{,}8h+0{,}9h^2)\,v$	0,417	» »
11	» » a valle » »	3400	12,15	28°	28°	0,70	0,05	» »	0,400	» »
12	» idrometro della Sterpaja	5000	11,50	29°,5	27°	0,70	0,05	$q = (11{,}7h+0{,}9h^2)\,v$	0,431	» »
13	*Cuccia 50 m a monte confl. Scorno.*	—	*11,40*	*29°*	*27°,5*	*0,76*	*0,05*	$q = (6{,}7h+0{,}9h^2)\,v$	*0,253*	» »
14	*Scorno* 50 m a valle confl. Cuccia	5100	11,30	28°,5	27°,5	0,90	0,12	$q = (13h+0{,}9h^2)\,v$	1,492	» »
15	*Anguillara 50 m a monte confl. Fiume Morto.*	—	*11,05*	*28°*	*28°*	*0,75*	*0,10*	$q = (8{,}14h+0{,}9h^2)\,v$	*0,660*	» »
16	*Fiume Morto* 50 m a valle confl. Anguillara .	5425	10,55	28°	27°	0,90	0,06	$q = (12{,}6h+0{,}9h^2)\,v$	0,783	Torbiccia.
17	» idrometro a valle Ponte Sterpaja.	5625	10,30	27°	26°	0,90	0,08	$q = (10{,}8h+0{,}9h^2)\,v$	0,835	» »
18	» termine 2ª curva	8100	8,20	30°	26°,5	1,30	0,09	$q = (10h+0{,}9h^2)\,v$	1,306	» »
19	» 50 m a monte Ponte Rosso. . .	10575	7,35	27°	27°	1,70	0,08	$q = (13{,}5h+0{,}9h^2)\,v$	2,044	» »
20	» idrometro Ponte Rosso	10675	7,—	24°	26°	1,77	0,08	» »	2,136	» »
21	» 50 m a monte Cateratte. . . .	11575	6,30	24°	26°	2,50	0,09	$q = (18h+0{,}9h^2)\,v$	4,555	» »
22	» » a valle » . . .	11675	6,—	22°	25°	1,70	0,10	» »	3,320	» »

* q = portata, h = altezza o profondità, v = velocità.

Digitized by Google

Capitolo IV.

Risultati sperimentali.

Nell'apprezzamento dei risultati sperimentali, di cui trattiamo in questo paragrafo, crediamo di potere affermare di non essere stati unilaterali, dappoichè la larga messe delle nostre ricerche ci ha permesso di esaminare la questione sotto i più varî aspetti, e di controllare ciascuna serie di ricerche con altre di ordine diverso, il che ci ha dato di trarre conseguenze più sicure in quanto derivano da più esperienze. Allo scopo di evitare false interpretazioni e per abbracciare il più possibile tutti i nostri risultati, senza che ci sfuggisse alcun particolare, abbiamo creduto opportuno di tradurre ogni tavola numerica, ricavata dal nostro protocollo e riportata in questo studio, in altrettanti diagrammi, dei quali pubblichiamo solo i più importanti, che sono quelli relativi all'ossimetria. *

Dicemmo già, nel capitolo che tratta della *Tecnica,* quali sono le ricerche da noi eseguite sulle acque del Fiume Morto, e ne descrivemmo i metodi, non seguendo un criterio organico e sistematico, ma esponendoli secondo l'opportunità della trattazione. Dovendosi ora esporre i risultati di queste ricerche, crediamo opportuno raggruppare i vari argomenti, secondo un ordine logico suggeritoci in modo particolare dallo scopo del nostro studio, che è fondamentalmente quello di ricercare se e in quale misura l'inquinamento del Fiume Morto tende a scomparire. Seguendo questo concetto abbiam creduto opportuno riunire in un primo gruppo i risultati dell'ossimetria, quelli della determinazione delle sostanze organiche e dell'esame batteriologico; in un secondo gruppo, quelli della determinazione della resistenza elettrica, del residuo fisso, delle ceneri, e di tutte le altre ricerche collaterali e secondarie.

---

* Ved. diagrammi in fine della Memoria.

Digitized by Google

Che il primo gruppo sia logicamente costituito si può facilmente desumere dalle considerazioni fatte nei capitoli precedenti a proposito del valore delle tre ricerche di cui il gruppo stesso è formato; esse convergono ad un medesimo fine, quello di dimostrarci il grado di inquinamento, inquantochè all'inquinamento stesso il contenuto di ossigeno è inversamente proporzionale, il contenuto batterico e le sostanze organiche sono direttamente proporzionali.

1. — Risultati ossimetrici.

Abbiamo espresso questi risultati in una duplice maniera, e cioè: come valori assoluti e come valori riferiti al limite di saturazione calcolato alla temperatura di ciascun campione ed alla pressione parziale dell'ossigeno atmosferico, ottenendone dei *deficit* o degli eccessi (ved. tavola VI e diagramma).

Per questo calcolo, siamo partiti dai coefficienti di solubilità dell'ossigeno determinati sperimentalmente da *Bohr* e *Bock*.

Questi coefficienti esprimono (ridotto a 760 mm di pressione ed a 0° C. di temperatura) il volume di gas solubile in 1 cm³ di acqua a 760 mm e a diverse temperature.

Della serie dei coefficienti di *Bohr* e *Bock*, riportiamo quelli che a noi interessano, perchè compresi fra le temperature da noi osservate (10° - 30°).

TEMPERATURA	COEFFICIENTI DI SOLUBILITÀ	TEMPERATURA	COEFFICIENTI DI SOLUBILITÀ
10°	0,03903	21°	0,03114
11°	0,03816	22°	0,03059
12°	0,03732	23°	0,03006
13°	0,03651	24°	0,02954
14°	0,03573	25°	0,02904
15°	0,03497	26°	0,02855
16°	0,03425	27°	0,02808
17°	0,03357	28°	0,02762
18°	0,03292	29°	0,02718
19°	0,03230	30°	0,02672
20°	0,03171		

Digitized by Google

Poichè questi valori sono calcolati alla pressione atmosferica mentre nell'acqua in contatto dell'aria, l'ossigeno si scioglie effettivamente a $\frac{2096}{10\,000}$ di questa pressione, cioè alla pressione parziale corrispondente alla proporzione del 20,96 per 100 che l'ossigeno ha nell'aria, occorrerà moltiplicare ciascuno di questi valori per 209,6, per avere la saturazione in ossigeno alla suddetta pressione parziale in un litro d'acqua.

Infatti, se un volume A_t di ossigeno (coefficiente di *Bohr* e *Bock*) si scioglie in un cm³ di acqua a 760 mm e ad una determinata temperatura (t), ad una pressione parziale di $\frac{2096}{10\,000}$ di 760 se ne scioglierà una quantità proporzionatamente minore x_t, e cioè:

$$A_t : 760 = x_t : \frac{2096}{10\,000}\ 760$$

$$x_t = \frac{\frac{2096}{10\,000}\ 760 \times A_t}{760} = 0{,}2096\ A_t \text{ per un cm}^3\text{; e}$$

per un litro 209,6 A_t.

Abbiamo riunito i nostri dati sperimentali elaborati nel modo suddetto, nella tavola n.° VI, in base alla quale abbiam potuto agevolmente costruire il diagramma.

Digitized by Google

TAV. VI.

Ossigeno disciolto (metodo *Winkler*).

CAMPIONI	OSSERVAZIONE A			OSSERVAZIONE B			OSSERVAZIONE C	OSSERVAZIONE D				OSSERVAZIONE E				CAMPIONI
	Temperatura dell'Acqua C°	Ossigeno disciolto in cm³	Saturazione di 0° a 20,96 % di 760 mm	Temperatura dell'Acqua C°	Ossigeno disciolto in cm³	Saturazione di 0° a 20,96 % di 760 mm	+ o — del massimo contenuto possibile alla temperatura dell'osservazione ed alla pressione parziale dell'0° atmosf.	Temperatura dell'Acqua C°	Ossigeno disciolto in cm³		Saturazione di 0° a 20,96 % di 760 mm	Temperatura dell'Acqua C°	Ossigeno disciolto in cm³		Saturazione di 0° a 20,96 % di 760 mm	+ o — del massimo contenuto possibile alla temperatura dell'osservazione ed alla pressione parziale dell'0° atmosferico	
									Campione superficiale	Campione profondo			Campione superficiale	Campione profondo			
1	12,2	7,15	7,83	**— 0,88**	18,5	1,25	6,78	**— 5,53**	**— 6,31**	20,2	5,05	5,00	6,65	**— 1,00**	**— 1,65**	26,0	5,45	5,00	5,99	**— 0,54**	**— 0,99**	1
2	12,0	6,57	7,83	**— 1,26**	18,6	0,18	6,78	**— 6,70**	**— 6,31**	20,5	5,86	5,25	6,53	**— 0,67**	**— 1,28**	27,0	5,00	4,50	5,89	**— 0,89**	**— 1,39**	2
3	12,0	7,19	7,83	**— 0,64**	18,7	3,71	6,78	**— 3,07**	**— 6,42**	21,2	5,97	5,25	6,53	**— 0,56**	**— 1,26**	27,0	3,87	3,00	5,89	**— 2,02**	**— 2,89**	3
4	11,7	6,71	7,83	**— 1,12**	19,0	0,93	6,78	**— 5,85**	**— 6,42**	21,4	5,61	5,00	6,53	**— 0,52**	**— 1,53**	27,0	3,93	3,00	5,89	**— 1,96**	**— 2,89**	4
5	11,8	6,36	7,83	**— 1,47**	19,2	0,00	6,78	**— 6,78**	**— 6,42**	21,5	5,25	5,00	6,42	**— 1,17**	**— 1,42**	28,0	0,26	0,20	5,80	**— 5,54**	**— 5,60**	5
6	12,0	12,83	7,83	**+ 5,00**	20,0	8,99	6,65	**+ 2,34**	**+ 8,48**	22,0	9,53	9,09	6,42	**+ 3,11**	**+ 2,67**	29,0	12,33	11,63	5,70	**+ 6,63**	**+ 5,93**	6
7	12,5	10,72	7,66	**+ 3,06**	20,0	5,58	6,65	**— 1,07**	**+ 4,52**	22,2	5,04	4,10	6,42	**— 0,58**	**— 2,32**	27,0	2,71	2,68	5,89	**— 3,18**	**— 3,21**	7
8	12,8	8,41	7,66	**+ 0,75**	20,2	3,41	6,65	**— 3,24**	**+ 5,73**	22,3	5,90	5,50	6,42	**— 0,52**	**— 0,92**	28,0	11,41	11,00	5,80	**+ 5,61**	**+ 5,20**	8
9	12,7	7,32	7,66	**— 0,34**	20,0	3,66	6,65	**— 2,99**	**+ 4,45**	22,2	6,58	6,10	6,42	**+ 0,16**	**— 0,32**	27,0	12,00	11,00	5,89	**+ 6,11**	**+ 5,11**	9
10	12,6	12,87	7,66	**+ 5,21**	20,2	9,85	6,65	**+ 3,20**	**+ 6,53**	22,2	8,15	8,05	6,42	**+ 1,73**	**+ 1,63**	28,0	11,28	10,80	5,80	**+ 5,48**	**+ 5,00**	10
11	12,5	11,58	7,66	**+ 3,92**	19,8	9,68	6,65	**+ 3,03**	**+ 4,92**	22,3	7,89	7,80	6,42	**+ 1,47**	**+ 1,38**	28,0	10,40	10,15	5,80	**+ 4,60**	**+ 4,35**	11
12	12,4	11,41	7,83	**+ 3,58**	19,0	6,35	6,78	**— 0,43**	**+ 3,66**	22,1	8,39	8,37	6,42	**+ 1,97**	**+ 1,85**	27,0	9,44	9,26	5,89	**+ 3,55**	**+ 3,37**	12
13	12,0	9,59	7,83	**+ 1,66**	18,5	4,86	6,78	**— 1,92**	**+ 2,42**	22,0	4,97	2,76	6,42	**— 1,45**	**— 3,66**	27,5	4,28	2,11	5,80	**— 1,52**	**— 3,60**	13
14	11,5	9,84	7,83	**+ 2,01**	18,5	6,08	6,78	**— 0,70**	**+ 1,05**	22,0	8,15	7,63	6,42	**+ 1,73**	**+ 1,21**	27,5	7,68	6,40	5,80	**+ 1,88**	**+ 0,60**	14
15	11,5	9,83	7,83	**+ 2,00**	18,0	4,92	6,91	**— 1,99**	**+ 1,50**	22,9	5,47	5,08	6,31	**— 0,84**	**— 1,23**	28,0	5,68	5,58	5,80	**— 0,12**	**— 0,22**	15
16	10,5	9,16	8,01	**+ 1,15**	18,4	3,33	6,91	**— 3,58**	**— 0,88**	22,9	5,93	5,69	6,31	**— 0,38**	**— 0,62**	27,0	5,04	4,95	5,89	**— 0,85**	**— 0,94**	16
17	9,9	8,83	8,19	**+ 0,84**	18,0	3,07	6,91	**— 3,84**	**— 1,62**	22,0	5,52	5,43	6,42	**— 0,90**	**— 0,99**	26,0	4,15	3,76	5,99	**— 1,84**	**— 2,23**	17
18	9,9	5,95	8,19	**— 2,24**	17,5	5,56	6,91	**— 1,35**	**— 1,60**	21,9	3,79	3,34	6,42	**— 2,63**	**— 3,08**	26,5	6,67	7,06	5,89	**+ 0,78**	**+ 1,17**	18
19	9,8	5,97	8,19	**— 2,22**	16,8	4,53	7,04	**— 2,51**	**— 3,82**	23,0	7,25	5,04	6,31	**+ 0,94**	**— 1,27**	27,0	2,12	2,28	5,89	**— 3,61**	**— 3,77**	19
20	9,5	6,04	8,19	**— 2,15**	16,8	4,92	7,04	**— 2,12**	**— 4,00**	23,0	7,36	0,60	6,31	**+ 1,05**	**— 5,71**	26,0	2,18	0,49	5,99	**— 3,81**	**— 5,50**	20
21	9,3	5,85	8,19	**— 2,34**	17,6	4,92	6,91	**— 1,99**	**— 3,71**	23,0	6,23	1,06	6,31	**— 0,80**	**— 5,25**	26,0	2,85	2,70	5,99	**— 3,29**	**— 3,14**	21
22	9,2	5,81	8,19	**— 2,38**	17,6	4,89	6,91	**— 2,02**	**— 3,72**	22,1	4,71	4,48	6,42	**— 1,72**	**— 1,94**	25,0	3,41	3,21	6,09	**— 2,68**	**— 2,88**	22

Digitized by Google

Il diagramma ci mostra segnati in cm^3 al disopra e al disotto della linea di saturazione, che abbiamo considerata come zero, rispettivamente i valori delle quantità in più o in meno dei diversi campioni. A rendere più dimostrativo il diagramma abbiamo riempito le zone sopra e sotto la linea anzidetta, rappresentando i valori positivi con una tinta azzurra, e i valori negativi con una righettatura nera.

A colpo d'occhio si nota subito come, in mezzo alle variazioni particolari di ciascuna gita, esiste in tutte indistintamente assai evidente una zona centrale più o meno estesa, e più o meno elevata di eccesso di ossigeno, e due zone estreme dove il *deficit* è un fatto costante e molto accentuato nella parte iniziale, assolutamente predominante nella parte terminale. Di questo fenomeno interessantissimo daremo a suo tempo la spiegazione; intanto facciamoci ad analizzare minutamente la fisonomia delle grafiche di ciascuna osservazione. In tutti i diagrammi si osserva una prima zona di *deficit* corrispondente ai primi 5 campioni che, come abbiamo veduto, rappresentano l' Oseretto. Questo canale di scolo, che già abbiamo segnalato come la massima fonte d'inquinamento del Fiume Morto, ci mostra evidente tale inquinamento anche dai valori ossimetrici. Questi però oscillano in limiti assai ampi, sia da una osservazione all'altra, sia in ciascuna osservazione. Infatti da *deficit* di lieve grado, quali si vedono nella osservazione *A* e *D*, si sale a valori discretamente elevati nella osservazione *E*, e ad altissimi nella gita *B* e *C*, nelle quali si raggiunge addirittura l'assenza assoluta di ossigeno. Per quel che riguarda le variazioni nelle singole gite, esse si mostrano evidentissime in alcune, e in modo particolare nell' ultima. In questa, da un *deficit* di 0,54 di ossigeno, si giunge alla completa assenza nel campione a valle del Cimitero; gli scoli del quale non possono naturalmente non avere una certa azione sul comportamento quantitativo di questo indice di impurità. L' influenza di tale inquinamento non può esser messa in dubbio, dappoichè essa è manifesta più o meno anche nelle altre osservazioni. Molto semplice è la spiegazione della lieve oscillazione nel senso di un aumento di ossigeno, in corrispondenza del campione numero 3 nella gita *A*, *B*, *D*: questo campione infatti si è sempre prelevato a valle della confluenza del Fosso Marmigliaio, il quale, portando delle acque

Digitized by Google

relativamente pure, è capace di indurre, colla diluizione, delle lievi modificazioni in più nel quantitativo dell'ossigeno disciolto.

Passato l'Oseretto, cambia sostanzialmente il comportamento ossimetrico in quanto si ha una tendenza a raggiungere e a superare più o meno rapidamente il contenuto massimo di ossigeno calcolato alla pressione parziale. Si entra così nella zona intermedia, la quale, lo abbiamo già detto, è caratterizzata da un eccesso di ossigeno più o meno accentuato, e questa zona si può considerare estesa fin verso il campione 15°. Il passaggio avviene in modo repentino al principio del Fosso Scorno nelle osservazioni *A* e *C*; nelle altre osservazioni, invece, il *deficit* di ossigeno constatato nell'Oseretto perdura per un certo tratto del Fosso Scorno, e precisamente fino al campione 9° nelle osservazioni *B* e *D*, fino al 7° nella spedizione *E*. Questo perdurare del *deficit* nel 1° tratto dello Scorno è certamente da mettersi in dipendenza del contributo delle acque inquinatissime dell'Oseretto, le quali, mescolandosi colle acque del Martraverso, sempre ricchissime di ossigeno, sono capaci di modificare di tanto il loro contenuto di ossigeno, da portare ad un *deficit* il preesistente eccesso. E se questo non si verifica in tutte le osservazioni, ciò dipende certamente dal vario rapporto di diluizione, dalla velocità e portata del corso d'acqua, e da altri coefficenti di minore importanza. La velocità della corrente ha poi una speciale importanza, inquantochè, ove si osserva (come nella gita *C*) una velocità quasi nulla, per cui non c'è quasi mescolanza fra le acque dell'Oseretto e quelle del Martraverso, ivi l'eccesso dell'ossigeno persiste anche dopo lo sbocco dell'Oseretto. Dove la velocità e la portata sono relativamente notevoli, ivi il *deficit* si protrae per un certo tratto anche nel Fosso Scorno, essendo in tal caso cospicuo e continuo il rimescolamento delle acque dei due canali.

Questo fenomeno viene rappresentato colla massima evidenza nel nostro diagramma, dove l'alto contenuto in ossigeno del Martraverso si abbassa bruscamente subito dopo lo sbocco dell'Oseretto.

La zona di eccesso di ossigeno, in tre delle cinque gite (*C*, *D* ed *E*) cessa bruscamente in corrispondenza del campione numero 15, mentre nella gita *A* si protrae ancora fino al 17° campione inclusivo. Nell'osservazione *B* si ha una minore estensione della zona di alto contenuto in

Digitized by Google

ossigeno: essa si manifesta solo in corrispondenza dei campioni 10 e 11. La spiegazione di questo fatto si può ricercare con molta probabilità nell'abbondante pioggia caduta il 22 Aprile: questa precipitazione meteorica, pur non apparendo nei dati udometrici degli Osservatori da noi consultati, perchè limitata alla campagna adiacente alla Sterpaia, fu abbastanza notevole, e tale da aver potuto portare al Fiume Morto, prima del prelevamento dei campioni, molte acque di dilavameuto dei terreni contigui assai inquinate. Ad eccezione di questa 2ª osservazione, nelle altre si nota che l'eccesso di ossigeno raggiunge rapidamente il suo massimo, dopo il quale declina più o meno bruscamente fino a raggiungere la linea di saturazione.

I due campioni messi fuori serie, cioè la Cuccia e l'Anguillara, rappresentati con canne d'organo, mostrano un eccesso di ossigeno nella gita *A* e *C*, e un *deficit* nelle altre; notevole tale *deficit* soprattutto nella Cuccia.

Ci sembra evidente, dalla osservazione del diagramma, come le acque di questi due affluenti del Fiume Morto non modifichino in modo sensibile il comportamento del grado ossimetrico di esso: così, ad esempio, nella gita *C* le acque dell'Anguillara, ricche in ossigeno, non valgono a ritardare la comparsa del *deficit* che si stabilisce subito dopo.

Bisogna quindi ritenere che la zona terminale, caratterizzata come quella iniziale da uno scarso contenuto in ossigeno, è dovuta a cause affatto indipendenti dalla natura delle acque degli affluenti.

In questa zona, come dicemmo, predomina il *deficit* di saturazione: solo nelle due osservazioni *D* ed *E* notiamo la comparsa di una zona di lieve eccesso di ossigeno che, verso la metà del tratto di cui si parla, si sostituisce al *deficit*: questo però si ristabilisce ben presto e si mantiene fino al termine del Fiume Morto. In complesso, il comportamento dell'ossigeno in questo tratto si presenta molto irregolare nelle varie osservazioni.

Nello stesso diagramma abbiamo anche tradotto graficamente, per le ultime due osservazioni, i dati numerici delle prove ossimetriche dei campioni profondi, i quali, confrontati coi superficiali, ci permettono di rilevare alcuni particolari di grande importanza per lo scopo del nostro studio. Questi particolari si riferiscono specialmente al tratto terminale.

Digitized by Google

Nelle prime due zone le curve dei campioni superficiali e profondi si sovrappongono quasi esattamente, nell'ultima invece si nota che il *deficit* di saturazione è di molto più accentuato nei campioni profondi, non solo, ma nell'osservazione *D*, al tratto superficiale di lieve eccesso di ossigeno, cui abbiamo accennato, corrisponde una zona profonda di assoluta mancanza di ossigeno (campioni 20 e 21).

Descritto così il comportamento quantitativo dell'ossigeno disciolto, che per noi costituisce la ricerca più importante, facciamoci a dire del contenuto in sostanze organiche ed in microrganismi; due ricerche che per noi hanno valore di integramento e di controllo della ossimetria.

2. — **Sostanze organiche.**

Avvertimmo già (ved. *Note di tecnica*) quanto sia infido per la determinazione delle sostanze organiche il metodo di *Kubel*. Le molecole organiche, che più facilmente vengono attaccate, sono le meno complesse, cioè le più vicine allo stadio della mineralizzazione; quelle molto complesse, e specialmente le albuminoidi ed i loro immediati derivati, non vengono attaccate che parzialmente dal permanganato di potassio. In realtà, non possediamo ancora un metodo esatto per la determinazione delle sostanze organiche nelle acque.

Brunner ed *Emmerich, Schöttler, Moser, Roth* ed altri (cfr. *Tiemann-Gärtner*, o. c., p. 542-543) hanno potuto dimostrare che le scomposizioni delle sostanze organiche di un'acqua, operate dai microrganismi, determinano talvolta nell'acqua stessa condizioni tali per le quali essa, dopo alcuni giorni, riduce una quantità di permanganato maggiore che non dapprincipio. Nelle ricerche del *Roth*, per esempio, il consumo di permanganato che era in principio di 3 milligrammi per 100 cm^3 salì dopo 10 giorni a 4 milligrammi.

Oltre a questa grave causa di errore quantitativo, il metodo di *Kubel* racchiude in sè una non trascurabile inesattezza d'ordine qualitativo, nel senso che non è punto razionale ridurre alla semplice espressione di ossigeno o permanganato consumato le sostanze organiche dell'acqua,

Digitized by Google

qualitativamente tanto differenti di fronte ai microrganismi. Può avvenire però che due acque con uguale consumo di permanganato siano molto diverse nel loro valore nutritivo per i microbi.

Tali considerazioni sono state presenti alla nostra mente nell'apprezzamento dei nostri resultati sperimentali, e mettendo, come abbiamo fatto, le sostanze organiche in un sol gruppo coll'ossimetria e col contenuto batterico, abbiamo inteso togliere ai risultati ottenuti col metodo di *Kubel* ogni valore assoluto, per tenere soltanto conto delle indicazioni emergenti dal confronto coi risultati delle due altre ricerche e delle variazioni quantitative fra l'uno e l'altro campione.

Digitized by Google

Tav. VII.

Sostanze organiche (Metodo *Kubel*)

(0^2 consumato in mg per litro).

CAMPIONI	OSSERVAZIONE A	OSSERVAZIONE B	OSSERVAZIONE C	OSSERVAZIONE D	OSSERVAZIONE E
1	8,2	5,0	17,2	3,4	6,0
2	6,4	4,5	16,1	3,2	5,5
3	6,4	6,5	8,2	3,6	5,3
4	4,8	6,0	9,6	3,6	4,5
5	5,0	7,5	9,6	3,4	5,0
6	*4,1*	*0,3*	*1,6*	*2,3*	*1,7*
7	3,2	1,7	1,7	1,7	2,2
8	3,2	2,0	1,8	1,6	1,7
9	3,4	2,4	2,4	1,8	1,5
10	2,0	1,6	2,7	1,5	1,8
11	2,3	0,9	2,4	1,3	2,0
12	2,7	2,0	2,6	1,3	1,8
13	*4,0*	*1,1*	*3,3*	*2,1*	*2,0*
14	4,2	1,1	3,6	1,9	1,8
15	*2,8*	*0,9*	*2,0*	*1,7*	*2,2*
16	3,4	0,4	2,4	2,0	3,0
17	3,6	1,6	2,4	3,0	3,8
18	3,7	3,0	2,8	2,3	2,2
19	3,6	1,9	3,4	1,7	2,2
20	2,8	1,6	4,0	2,0	2,2
21	2,8	2,4	5,4	2,6	4,0
22	2,6	2,4	4,8	3,2	4,1

Digitized by Google

Tale confronto è in modo speciale istruttivo per i risultati della osservazione *C*. In questa 3ª osservazione l'Oseretto, di fronte all'assenza assoluta di ossigeno, presenta un contenuto di sostanze organiche relativamente altissimo, che repentinamente si abbassa passando alla seconda parte del canale, ove si nota un considerevolissimo aumento nel quantitativo d'ossigeno. Per contrario la quantità di sostanze organiche, con oscillazioni relativamente lievi, si mantiene assai bassa per tutta la zona di alto contenuto in ossigeno, passata la quale si manifesta un evidente aumento di sostanze organiche che raggiunge un massimo verso la fine del Fiume Morto.

Come si vede, in questa gita le sostanze organiche ed il contenuto in ossigeno procedono in un modo perfettamente inverso.

Questo comportamento è molto meno evidente nelle altre gite, dove tuttavia si nota un contenuto di sostanze organiche relativamente basso nella zona intermedia, ed un certo aumento al principio della zona terminale.

3. — **Risultati dell'esame batteriologico.**

Il contenuto batterico del Fiume Morto oscilla entro limiti amplissimi; da poco più di un migliaio a diversi milioni.

Tutti i valori ricavati dagli esami batteriologici abbiamo riportati nelle tavole VIII, IX e X, nelle quali sono segnati i valori dei campioni superficiali e profondi, distinguendo in tre colonne il totale dei germi, quello dei fondenti e quello degli ifomiceti.

Digitized by Google

TAV. VIII. **Esame batteriologico dei campioni superficiali.**

CAMPIONI	OSSERVAZIONE A *15 Marzo 1906*			OSSERVAZIONE B *22 Aprile 1906*			OSSERVAZIONE C *13 Maggio 1906*			OSSERVAZIONE D *10 Giugno 1906*			OSSERVAZIONE E *28 Giugno 1906*		
	Totale dei germi	Fondenti	Ifomiceti	Totale dei germi	Fondenti	Ifomiceti	Totale dei germi	Fondenti	Ifomiceti	Totale dei germi	Fondenti	Ifomiceti	Totale dei germi	Fondenti	Ifomiceti
1	20 000	300	80	1 689 380	Confluenti	—	6 160 000	Confluenti	—	25 000	4 500	500	1 568 750	18 000	—
2	14 500	815	2 715	544 380	160	—	3 080 000	48 000	—	10 000	1 500	1 500	1 655 750	11 800	—
3	15 000	400	10	238 700	34	—	2 500 000	80 000	—	30 000	3 250	3 000	1 386 000	19 000	—
4	13 900	1 500	2 000	448 140	21	—	6 776 000	320 000	—	15 000	2 750	3 000	1 334 000	19 500	—
5	14 000	800	100	1 560 200	Confluenti	—	4 620 000	200 000	—	48 000	1 750	1 000	2 310 000	28 000	—
6	*3 375*	*75*	*525*	*10 000*	*1 000*	*800*	*28 000*	*11 500*	*1 500*	*7 500*	*1 000*	*250*	*10 000*	*1 500*	—
7	12 400	800	40	1 005 640	Confluenti	—	217 000	37 000	—	33 500	3 500	2 500	1 925 000	7 500	—
8	7 425	1 825	150	1 909 800	»	3 000	132 500	13 500	—	23 500	2 250	7 000	26 500	1 500	1 500
9	8 900	1 300	2 650	63 040	38	—	16 000	3 000	3 000	22 500	2 250	7 500	11 500	3 000	1 750
10	2 140	425	75	1 601 000	500	4 500	75 000	1 000	1 000	8 250	500	5 000	15 750	2 250	1 000
11	2 345	250	1 100	3 696 000	Confluent	300	20 500	4 500	1 500	9 500	1 250	2 000	22 000	2 500	9 000
12	2 275	500	350	2 494 800	1 800	800	10 000	2 000	1 500	7 000	2 000	1 000	8 000	1 000	1 500
13	*1 400*	*300*	40	*2 092 000*	*1 500*	*500*	*11 500*	*3 500*	*500*	*5 250*	*250*	*1 750*	*19 500*	*1 250*	*2 500*
14	1 350	300	140	2 002 000	900	600	10 500	1 000	3 000	4 500	1 000	500	15 750	4 250	750
15	*2 140*	*165*	*1 350*	*862 000*	*100*	*600*	*7 000*	*1 000*	*1 000*	*4 200*	—	*1 750*	*6 000*	*2 500*	*2 500*
16	1 575	150	300	1 324 000	800	2 000	26 500	3 000	12 000	13 000	1 250	7 250	27 000	2 000	2 250
17	1 515	230	370	1 540 000	1 500	2 500	16 500	7 500	1 500	6 000	1 250	1 750	27 500	2 000	1 000
18	1 650	175	50	831 000	1 420	20 000	38 000	9 000	8 000	4 250	250	1 700	1 001 000	6 500	1 000
19	1 555	30	675	300 000	800	2 500	23 000	5 500	2 500	7 500	250	2 000	1 771 000	5 000	1 500
20	3 575	950	250	600 000	450	3 800	13 000	3 000	—	2 500	500	1 750	1 694 000	2 500	3 000
21	2 435	500	455	308 000	900	3 000	5 000	500	1 500	4 250	250	1 500	1 078 000	2 500	2 000
22	4 740	1 000	425	600 600	1 400	2 500	12 500	7 000	1 500	2 250	—	750	1 078 000	6 000	2 000

Digitized by Google

TAV. IX. **Esame batteriologico dei campioni profondi.**

CAMPIONI	OSSERVAZIONE A *15 Marzo 1906*			OSSERVAZIONE B *22 Aprile 1906*			OSSERVAZIONE C *13 Maggio 1906*			OSSERVAZIONE D *10 Giugno 1906*			OSSERVAZIONE E *28 Giugno 1906*		
	Totale dei germi	Fondenti	Ifomiceti	Totale dei germi	Fondenti	Ifomiceti	Totale dei germi	Fondenti	Ifomiceti	Totale dei germi	Fondenti	Ifomiceti	Totale dei germi	Fondenti	Ifomiceti
1	18 000	300	200	1 850 000	Confluenti	—	7 300 000	Confluenti	—	35 000	5 000	500	1 108 000	12 500	—
2	13 400	1000	3900	508 662	3 400	—	4 020 000	188 000	—	19 250	4 250	1 500	2 638 800	20 000	—
3	16 700	500	450	363 440	2 900	—	5 906 000	Confluenti	—	17 500	2 500	1 000	4 543 000	28 000	—
4	15 475	825	3150	500 000	5 000	—	3 850 000	115 000	—	25 000	4 000	5 500	1 508 200	13 000	—
5	18 430	480	1600	815 700	8 000	—	4 620 000	135 000	—	60 250	6 000	1 750	1 848 000	20 000	—
6	*4 550*	*375*	*975*	*44 680*	*2 700*	—	*30 000*	*2 000*	—	*47 500*	*7 500*	*1 500*	*44 000*	*6 000*	—
7	9 600	600	780	517 440	Confluenti	—	249 000	25 000	—	36 000	3 000	2 750	1 848 000	9 000	—
8	4 850	800	300	217 000	3 380	—	47 000	7 000	—	27 500	3 500	1 500	fluidificato in 2ª giornata		
9	8 000	300	460	34 790	5 700	—	24 500	4 500	—	29 750	4 250	1 750	130 000	11 000	—
10	3 850	800	250	40 150	7 500	—	13 000	2 000	—	11 750	1 000	1 000	47 000	11 000	—
11	2 205	285	1050	24 200	2 350	—	20 000	10 000	—	27 500	3 000	3 500	260 000	26 000	—
12	3 875	450	225	1 386 000	3 000	5 500	15 000	4 000	—	181 500	30 000	1 250	fluidificato in 3ª giornata		
13	*2 300*	*290*	*1200*	*200 200*	*Confluenti*	—	*15 000*	*4 500*	*3 000*	*161 000*	*7 250*	*11 500*	»	»	
14	3 800	900	325	20 000	2 000	900	7 000	2 000	—	27 500	2 500	1 750	»	»	
15	*3 980*	*200*	*3250*	*1 778 400*	*100*	*17 000*	*8 000*	*2 100*	*1 700*	*12 500*	*2 500*	*2 500*	»	»	
16	1 200	100	150	1 262 800	1 500	4 000	10 000	4 000	3 000	69 750	9 500	4 500	»	»	
17	2 305	460	250	258 720	400	15 000	8 000	2 000	1 000	21 500	2 250	6 000	38 850	4 250	—
18	8 400	1375	50	30 000	800	25 000	15 500	5 000	—	6 500	250	2 000	75 000	15 000	—
19	12 000	400	490	5 830	600	3 000	8 000	3 000	—	12 750	750	1 750	40 000	7 000	—
20	10 000	1550	225	6 900	120	6 000	8 000	500	1 000	76 750	10 000	5 500	27 500	7 000	—
21	9 600	575	455	24 460	800	10 500	10 000	2 000	1 000	8 750	750	250	250 000	2 500	—
22	3 275	1000	425	16 990	570	14 100	13 000	1 500	1 500	15 000	750	3 500	1 540 000	10 000	—

Digitized by Google

TAV. X. **Esame batteriologico quantitativo dei campioni superficiali e profondi.**

CAMPIONI	OSSERVAZIONE A *15 Marzo 1906*		OSSERVAZIONE B *22 Aprile 1906*		OSSERVAZIONE C *13 Maggio 1906*		OSSERVAZIONE D *10 Giugno 1906*		OSSERVAZIONE E *28 Giugno 1906*	
	Campioni superficiali	Campioni profondi	Campioni superficiali	Campioni profondi	Campioni superficiali	Campioni profondi	Campioni superficiali	Campioni profondi	Campioni superficiali	Campioni profondi
1	20 000	18 000	1 689 380	1 850 000	6 160 000	7 300 000	55 000	35 000	1 568 750	1 108 000
2	14 500	13 400	544 380	508 662	3 080 000	4 020 000	10 000	19 250	1 655 750	2 638 800
3	15 000	16 700	238 700	363 440	2 500 000	5 906 000	30 000	17 500	1 386 000	4 543 000
4	13 900	15 475	448 140	500 000	6 776 000	3 850 000	15 000	25 000	1 334 000	1 508 200
5	14 000	18 430	1 560 200	815 700	4 620 000	4 620 000	48 000	60 250	2 310 000	1 848 000
6	*3 375*	*4 550*	*10 000*	*44 680*	*28 000*	*30 000*	*7 500*	*47 500*	*10 000*	*44 000*
7	12 400	9 600	1 005 640	517 440	217 000	249 000	33 500	36 000	1 925 000	1 848 000
8	7 425	4 850	1 909 800	217 000	132 500	47 000	23 500	27 500	26 500	600 000
9	8 900	8 000	63 040	34 790	16 000	24 500	22 500	29 750	11 500	130 000
10	2 940	3 850	1 601 000	40 150	75 000	13 000	8 250	11 750	15 750	47 000
11	2 345	2 205	3 696 000	24 200	20 500	20 000	9 500	27 500	22 000	260 000
12	2 275	3 875	2 494 800	1 386 000	10 000	15 000	7 000	181 500	8 000	220 000
13	*1 400*	*2 300*	*2 092 000*	*200 200*	*11 500*	*15 000*	*5 250*	*161 000*	*19 500*	*183 000*
14	1 350	3 800	2 002 000	20 000	10 500	7 000	4 500	27 500	15 750	110 000
15	*2 140*	*3 980*	*862 000*	*1 778 400*	*7 000*	*8 300*	*4 200*	*12 500*	*6 000*	*85 000*
16	1 575	1 200	1 324 000	1 262 800	26 500	10 000	13 000	69 750	27 000	50 000
17	1 515	2 305	1 540 000	258 720	16 500	8 000	6 000	21 500	27 500	38 850
18	1 650	8 400	831 000	30 000	38 000	15 500	4 250	6 500	1 001 000	75 000
19	1 555	12 000	300 000	5 830	23 000	8 000	7 500	12 750	1 771 000	40 000
20	3 575	10 000	600 000	6 900	13 000	8 000	2 500	76 750	1 694 000	27 500
21	2 435	9 600	308 000	24 460	5 000	10 000	4 250	8 750	1 078 000	250 000
22	4 740	3 275	600 000	16 990	12 500	13 000	2 250	15 000	1 078 000	1 540 000

Digitized by Google

Ad eccezione della gita *B*, che, per ragioni peculiari di cui ci occuperemo fra poco, presenta nel contenuto batterico un andamento tutto particolare, le altre osservazioni, pure in mezzo a molteplici varianti, hanno questo particolare di comune: che presentano all'inizio, cioè in corrispondenza dell'Oseretto, un massimo nel contenuto batterico, più o meno accentuato, dopo il quale si verifica una rapida discesa in corrispondenza del tratto intermedio. All'infuori di questi caratteri comuni, per altro appena accennati, i risultati dell'esame batteriologico sono talmente discordanti dall'una all'altra osservazione, che non si può trarre nessun'altra conseguenza generale circa l'andamento del contenuto batterico del Fiume Morto. E questa incostanza di comportamento crediamo non doversi imputare alla tecnica, la quale è stata identica per tutte quante le osservazioni e per ciascun campione di esse; quindi dobbiamo dire che il Fiume Morto si comporta, nel tempo, in modo veramente irregolare circa la flora batterica, e conviene esaminare ed interpretare i dati di ogni singola gita indipendentemente dalle altre.

I risultati della prima osservazione si distinguono pei valori relativamente bassi in tutto quanto il decorso del fiume, * notandosi infatti nel primo tratto di esso, così nei campioni superficiali come in quelli profondi, un contenuto batterico oscillante fra 10 e 20 mila germi. Le due serie di campioni, superficiale e profondo, raggiungono gradualmente un minimo in corrispondenza della zona intermedia, cioè nel dominio dell'eccesso di ossigeno. Nel tratto terminale, le due serie di campioni si comportano in modo diverso l'una dall'altra. I valori dei campioni superficiali tendono a sollevarsi lentamente, ma progressivamente, e raggiungono un nuovo massimo di 4740 germi; quella dei profondi sale bruscamente molto più in alto, e raggiunto un massimo di 12 000 germi ridiscende a 3275 nell'ultimo campione. Notevole è in questa 1ª osservazione la perfetta corrispondenza in senso inverso colla curva della ossimetria.

Considerando accuratamente i valori ossimetrici e batteriologici, si rileva che a valori batterici molto alti corrispondono, in principio e in

---

* Probabilmente per la temperatura bassa di questa osservazione che fu fatta nel mese di Marzo.

Digitized by Google

fine del corso d'acqua, dei *deficit* di saturazione di ossigeno. Alla zona di alto contenuto di ossigeno fanno riscontro dei valori batterici relativamente bassi. E la corrispondenza si spinge anche ai menomi dettagli: così il campione numero 9, che segna un aumento di germi, mostra altresì una diminuzione notevole di ossigeno che qui si spinge perfino ad un lieve *deficit*, mentre d'altra parte anche le sostanze organiche aumentano considerevolmente in questo punto. Nei due campioni successivi, 10 e 11; ossigeno, batteri e sostanze organiche variano in senso inverso al precedente campione, e precisamente l'ossigeno raggiunge il massimo valore, mentre che i batteri e le sostanze organiche discendono ad un minimo. Uguale variazione si verifica tra il campione 17 e 18, così nella curva batterica come in quella ossimetrica.

Avvertimmo già come la osservazione *B* presenti uno speciale andamento nel contenuto batterico determinato da una ragione particolare che, lo diciamo ora, consiste nella precipitazione meteorica già ricordata, la quale portò al Fiume Morto, poco prima del prelevamento dei campioni, copiose acque di dilavamento dei campi molto impure, e questa pioggia limitata in corrispondenza della metà inferiore del nostro corso d'acqua turbò solo in questa zona i risultati dell'esame batteriologico. Nella prima zona invece in cui pioggia non cadde, si può notare il fenomeno naturale e ovvio, che si nota anche in altre osservazioni, dell'effetto della diluizione delle acque dell'Oseretto in quelle del Martraverso. Infatti l'altissimo contenuto in germi dell'Oseretto (1 560 000) si riduce dopo breve tratto ad un contenuto relativamente basso (63 040). L'abbassamento del contenuto batterico in corrispondenza del campione num. 3 si spiega agevolmente pensando che, a monte di questo campione, l'Oseretto riceve dal Marmigliaio delle acque meno impure: questo fenomeno si osserva altresì evidente nelle gite *C* ed *E*.

Quanto si è detto per questa gita vale sì per i campioni superficiali che per quelli profondi.

Nella gita *C* osserviamo un fortissimo contenuto di batteri nella prima parte del corso d'acqua, e un contenuto relativamente bassissimo dal 7° campione in poi, e ciò tanto nei campioni superficiali quanto in quelli profondi.

Digitized by Google

Nella osservazione *D* notiamo un massimo al principio (55 000 germi) ed una progressiva diminuzione fino a raggiungere un minimo in corrispondenza dell'ultimo campione (2250 germi). Ma lungo il tragitto del fiume si notano delle oscillazioni abbastanza ampie, le quali però non modificano l'andamento decrescente. Il contenuto batterico nello strato acqueo in vicinanza del fondo si mantiene pressochè uguale a quello dello strato superficiale nel principio del corso d'acqua; a cominciare dal 4° campione si mantiene in generale più alto, compiendo delle forti oscillazioni nella seconda metà del Fiume Morto.

Per l'osservazione ultima dobbiamo dire che tutto il decorso del Fiume Morto si può dividere nettamente in tre zone per il contenuto batterico, e cioè una prima zona a contenuto altissimo fino al campione numero 7, tanto nello strato superficiale quanto in quello profondo; una seconda zona a basso contenuto tra il campione 8° ed il 17°, e ciò in modo speciale per il campione superficiale; infine una zona terminale in cui il contenuto batterico si rialza bruscamente fino a raggiungere tanto per i campioni superficiali che per i profondi, l'altezza del primo tratto.

4. — **Interpretazione dei risultati del primo gruppo di ricerche.**

Dopo avere esposti i risultati delle tre serie di ricerche (ossigeno disciolto, sostanze organiche e contenuto batterico) che insieme convergono a darci un esatto criterio intorno all'inquinamento ed alle sue variazioni, cerchiamo ora di indagare le ragioni di tutti i fenomeni da noi osservati ed il significato di essi.

Anche nella trattazione di questa parte si presenta naturale la divisione del Fiume Morto nelle solite tre zone.

Per quel che riguarda l'Oseretto i tre ordini di fenomeni osservati giustificano pienamente la nostra affermazione, che cioè esso debba essere considerato nè più nè meno che una grossa fogna scoperta; infatti si tratta di un fosso che raccoglie ordinariamente una massa liquida manifestamente impura per colorazioni diverse, per torbidezza permanente e per esalazioni sgradevoli, ricca a milioni di germi, sovraccarica di sostanze

Digitized by Google

organiche, e deficientissima di ossigeno disciolto, che molte volte manca del tutto.

I caratteri d'impurità, che l'Oseretto abitualmente presenta, vengono talvolta mascherati, almeno in parte, dalle cacciate d'acqua relativamente pura che si fanno dal Canale Macinante nei periodi di maggiore siccità, per ovviare al grave sconcio di un liquame concentrato ristagnante e molesto per cattive esalazioni. Ma specialmente nella stagione calda queste cacciate sono ben lungi dall'essere sufficienti a rendere l'Oseretto tollerabile alla vista e all'olfatto. Nella stagione estiva si richiederebbe assolutamente una immissione continua di acqua dal Canale Macinante nell'Oseretto. Il che non è attuabile, sopratutto perchè le esigenze industriali non consentono una larga sottrazione di acque dal Canale Macinante, le quali son derivate dal Serchio, appunto per essere utilizzate come forza motrice. Avviene perciò che, anche nei periodi più secchi e più caldi, proprio quando maggiore è il bisogno delle cacciate d'acqua, l'Oseretto viene spesso abbandonato a sè stesso per molti giorni, riducendosi nelle condizioni di massimo inquinamento in cui lo trovammo il dì 13 Maggio 1906, data della nostra terza osservazione.

Non si può quindi in alcun modo parlare di purificazione spontanea del corso d'acqua nel tratto abbastanza lungo che raccoglie tutti gli scoli già minutamente descritti nel Capitolo I, e finisce al punto di affluenza del Martraverso.

La immissione di scoli cittadini nel Fiume Morto per la via dell'Oseretto è, per quanto abbiamo detto, viziata fin dall'origine. Infatti, lasciando l'Oseretto, dopo l'immissione degli scoli, scoperto ed esposto liberamente alla ossigenazione, si tende evidentemente a considerare questo fosso come un canale capace di accogliere, senza danno igienico, dei rifiuti cittadini, per quanto in misura limitata. Abbiamo visto invece che l'Oseretto non possiede per nulla questi requisiti; in esso i rifiuti liquidi non trovano in alcun modo le condizioni di diluizione e di velocità necessarie perchè si inizi un proficuo lavoro di purificazione spontanea. Si può dire che in alcuni periodi i rifiuti liquidi costituiscono da soli una gran parte della massa liquida che l'Oseretto accoglie, come un vero e proprio collettore delle fogne settentrionali della città e di molti scoli industriali.

Digitized by Google

Come tale appunto noi l'abbiamo considerato e quindi l'inizio di una eventuale epurazione spontanea va ricercato dal principio del Fosso Scorno in là.

Sappiamo come il punto di partenza della epurazione spontanea dei corsi d'acqua sia costituito da un grado sufficente di diluizione; abbiamo quindi cominciato col calcolare questa condizione di epurazione spontanea, in base alle portate dell'Oseretto e del Fosso Martraverso.

In due osservazioni abbiamo già veduto come, essendo quasi nulla la velocità, è pressochè nulla anche la portata, e quindi non si può parlare di un vero e proprio rapporto di diluizione; nelle altre tre osservazioni il rapporto di diluizione risulta di circa 1 : 3; inferiore cioè a quello considerato come necessario da *Pettenkofer*, e tanto più a quello (1 : 20 — 1 : 100) indicato dal *Rubner*.

Per il nostro corso d'acqua, data la diluizione minima cui abbiamo accennato, bisognava aspettarsi quello che effettivamente i diagrammi confermano, che cioè per l'immissione delle acque dell'Oseretto nel Fosso Scorno, le acque di questo dovessero rimanere fortemente inquinate. Questo fatto si desume nel modo più evidente dai diagrammi delle due osservazioni *D* ed *E*.

Nella osservazione *D*, le acque dell'Oseretto, come abbiamo già detto altre volte, si trovano un po'meno inquinate, e indice di ciò è il *deficit* di ossigeno non molto pronunziato; orbene il Fosso Scorno in eccesso di ossigeno, dopo aver ricevuto questa massa liquida, relativamente poco inquinata, presenta a valle per due campioni superficiali e per tre profondi, un notevole *deficit* di saturazione, anzi nel 1° campione profondo questo *deficit* supera quello riscontrato nello stesso Oseretto.

Ciò starebbe a dimostrare che in questa zona, subito a valle del canale inquinante, il fondo del corso d'acqua si trova in particolar modo sovraccarico di materiali inquinanti probabilmente accumulatisi per effetto della sedimentazione, che data la scarsa velocità, si effettua facilmente.

Questa stessa condizione del fondo si desume dal diagramma dell'osservazione *B*, in cui a prima vista sembrerebbe doversi attribuire alla immissione delle acque dell'Oseretto la zona di *deficit* che si osserva in corrispondenza dei campioni 7, 8 e 9; invece, per la mancanza di velo-

Digitized by Google

cità, in questa osservazione non si può parlare di vera e propria immissione, e quindi quella zona di *deficit* è veramente da attribuirsi ad un inquinamento permanente di questo tratto dello Scorno.

Nella osservazione *E* si possono ugualmente rilevare l'insufficienza della diluizione ed il forte inquinamento di questa zona, in cui l'alto contenuto in ossigeno del Martraverso cede bruscamente il posto ad un forte *deficit* non giustificabile colla sola immissione delle acque dell'Oseretto.

Il diagramma della gita *C*, col suo brusco passaggio dall'assenza di ossigeno del campione 5 alla forte quantità del campione 7, sembrerebbe indice di una diluizione straordinariamente favorevole, ma effettivamente mancando la velocità, è semplicemente indice di indipendenza pressochè assoluta delle acque dei due canali, e la diminuzione del contenuto in ossigeno dal Martraverso allo Scorno deve in massima parte dipendere da quell'inquinamento permanente già notato in corrispondenza dei primi campioni a valle della influenza dell'Oseretto.

Nella osservazione *A*, dato l'inquinamento piuttosto mite a paragone delle altre osservazioni, l'immissione delle acque dell'Oseretto non provoca se non una diminuzione della soprasaturazione in ossigeno nelle acque del Fosso Scorno.

In conclusione, nel Fiume Morto la diluizione avviene in proporzioni minime, ma questo basso rapporto di diluizione non ci autorizza a negare la possibilità che l'autopurificazione si inizi.

*
* *

In questa sommaria esposizione dei risultati delle nostre ricerche siamo indotti ad attribuire alla ossimetria una importanza preponderante di fronte all'esame batteriologico e alla determinazione delle sostanze organiche, e non solo perchè i risultati della ossimetria si presentano in tutte le osservazioni assai concordanti fra di loro e si prestano perciò di più ad un esame comparativo, ma sopratutto perchè questo metodo riunisce in sè l'esattezza di una ricerca chimica, e la delicatezza della ricerca bat-

Digitized by Google

teriologica, in quanto *il consumo di ossigeno che noi determiniamo direttamente, non è altro che l'espressione della vita batterica.*

Tuttavia, siccome il grado ossimetrico è il risultato di due fattori: consumo di ossigeno e assorbimento di nuovo ossigeno per parte dell'acqua, così può accadere che il modo e l'intensità d'azione di questo secondo fattore renda difficile l'interpretazione del primo. Con altro dire, se in tratti diversi d'un medesimo corso d'acqua, il rifornimento dell'ossigeno consumato avviene con diversa intensità e in modo differente, l'apprezzamento del consumo d'ossigeno dovrà essere fatto con criteri diversi nei diversi tratti del corso d'acqua. Il criterio più ovvio del consumo d'ossigeno è quello del *deficit* di saturazione, che ci dà la misura di quanto il consumo supera l'assorbimento. Tale criterio appunto noi abbiamo potuto applicare a tutto il tragitto dell'Oseretto, le cui acque si trovano in continuo *deficit* di saturazione. Ma questo criterio non ci soccorre più, se ci facciamo ad analizzare i risultati offerti dall'esame ossimetrico del tratto intermedio del nostro corso d'acqua, in cui, come già rilevammo, domina costantemente un eccesso di ossigeno.

Di questo fenomeno noi abbiamo più volte avuto occasione di occuparci, e su di esso crediamo opportuno fermare ora in modo particolare la nostra attenzione, giacchè la sua intensità ed estensione veramente si impongono.

Spitta, * che è il solo che abbia finora applicato sistematicamente l'ossimetria allo studio della purificazione spontanea dei fiumi, coordinatamente all'esame batteriologico, ha anch'egli osservato nel fiume Sprea (sebbene assai raramente) delle zone di eccesso di ossigeno, di gran lunga meno rilevanti di quelle da noi osservate. Infatti, sopra più di cento determinazioni da lui fatte, soltanto 6 volte riscontrò una quantità di ossigeno superiore alla massima calcolata in base alla pressione parziale, con valori sempre inferiori ad 1 cm^3.

---

* Prima dello *Spitta* si erano occupati di ricerche ossimetriche sulle acque soltanto pochi autori (*Gérardin, Richard* e *Knauthe;* cfr. *Spitta*, o. c., 1900, p. 218) e nessuno di essi aveva data la giusta importanza alle relazioni fra attività microbica e consumo d'ossigeno.

Digitized by Google

Nel caso nostro, di 154 campioni prelevati, 53 contenevano un eccesso di ossigeno per diversi centimetri cubici, fino ad un massimo di 6,59 e sopra un tragitto di km. 11,550, la zona di tale eccesso si estende per circa 3000 metri.

La causa vera di questo reperto deve ricercarsi nella ricca vegetazione che ricopre il letto del Fiume Morto in corrispondenza del tratto in cui si osserva il forte contenuto in ossigeno.

Anche *Spitta*, per spiegare le sue poche osservazioni, accenna rapidamente alla vegetazione di piante acquatiche clorofilliane. Questo rapporto fra eccesso di ossigeno e vegetazione acquatica, risulta nel modo più evidente nel caso nostro, in cui per le condizioni speciali del corso d'acqua, questo fenomeno si presenta accentuatissimo.

Infatti la zona del Fiume Morto da noi riscontrata molto ricca di ossigeno, si presenta con profondità relativamente piccola (media di 50 centimetri), con velocità mitissima e con acqua quasi sempre discretamente limpida. Si comprende come in tali condizioni l'azione della luce si spieghi in modo più completo ed efficace sulle piante del fondo, e come queste possano produrre delle quantità di ossigeno relativamente grandi in confronto della massa d'acqua limitata. *

Quando, come nell'osservazione *D*, la massa d'acqua assume proporzioni maggiori e la limpidezza è alquanto minore, allora il contenuto in ossigeno diminuisce considerevolmente e tende ad avvicinarsi alla linea di saturazione.

Questo fenomeno rende senza dubbio malagevole stabilire se, nel tratto corrispondente, vi sia, e in quale misura, un consumo di ossigeno, e ci priva quindi dell'elemento più importante per giudicare dell'intensità dei fenomeni biochimici. Tuttavia, un attento esame dei fenomeni ossimetrici e il loro confronto con quelli del contenuto batterico e delle sostanze organiche, ci permettono di rilevare alcuni particolari, che gettano

---

* In alcune osservazioni e specialmente nell'ultima, abbiamo potuto assistere durante le operazioni di prelevamento dei campioni, allo svolgimento di bollicine di ossigeno distaccantisi dalle foglie delle piante acquatiche, nei punti di minor profondità e di maggior limpidezza dell'acqua.

Digitized by Google

molta luce sul modo di comportarsi dell'inquinamento nel Fiume Morto. Questo inquinamento noi l'abbiamo in modo non dubbio constatato ossimetricamente e batteriologicamente nel tratto dello Scorno immediatamente a valle dello sbocco dell'Oseretto. Quivi *deficit* di ossigeno e alto contenuto batterico sono segni certi di una grande attività ossidatrice biochimica; quivi noi troviamo il documento più evidente *dell'importanza preponderante del fattore biologico nella purificazione spontanea dei fiumi.*

Vediamo infatti, nei diagrammi *A* e *C*, che il Martraverso, assumendo il nome di Scorno, dopo lo sbocco dell'Oseretto, conserva l'eccesso di ossigeno senza interruzione, ma solo con una lieve diminuzione. Spiegammo perchè ciò avvenga; in *A* le acque dell'Oseretto, relativamente poco inquinate, non determinano la scomparsa di questo eccesso, ma soltanto lo abbassano; in *C* le acque sono quasi stagnanti, e però manca l'inquinamento per parte dell'Oseretto. Esistono dunque anche nel tratto immediatamente a valle dello sbocco dell'Oseretto, le condizioni per la produzione di un eccesso di ossigeno della massa d'acqua; ma, in condizioni ordinarie, quando l'Oseretto porta allo Scorno il suo tributo inquinante, il consumo d'ossigeno supera in quella zona la quantità pur grande di ossigeno prodotto dalla vegetazione del fondo e di quello che può essere assorbito dall'atmosfera: subentra allora il *deficit* di saturazione, e il contenuto batterico si mantiene tuttavia alto.

Gli effetti di questo intenso lavorìo di ossidazione non tardano a farsi sentire: ben presto l'alto contenuto di ossigeno si ripristina, e in generale, con l'eccesso di ossigeno, coincide un minimo contenuto di batteri e di sostanze organiche.

Tutto ciò avviene nello spazio di poche centinaia di metri, e ciò si deve indubbiamente alle condizioni favorevolissime che il corso d'acqua offre ad una pronta distruzione delle sostanze inquinanti disciolte e ad una rapida sedimentazione di quelle sospese; infatti, mentre che la copiosa produzione di ossigeno per parte delle piante intensifica l'ossidazione delle sostanze organiche disciolte, la mite velocità del corso d'acqua permette una facile deposizione delle particelle sospese.

Si può concludere che in questa zona il Fiume Morto tende alla purificazione, e questa, in un tratto relativamente breve, si compie in

Digitized by Google

misura considerevole in condizioni affatto eccezionali, in particolar modo perchè la insufficiente diluizione è compensata largamente dalla cospicua produzione di ossigeno.

Come abbiamo già detto, l'eccesso di ossigeno gradatamente diminuisce, e verso il 15°-16° campione esso sparisce del tutto per dar posto ad un *deficit* di saturazione, il quale essenzialmente dipende dai seguenti fattori:

1.° Forte diminuzione della vegetazione del fondo del fiume ed aumento della massa di acqua. *

2.° Affluenza dei corsi d'acqua: Cuccia ed Anguillara, il più delle volte molto inquinati.

3.° Nuovo inquinamento per parte degli scoli delle località adiacenti.

È ovvia l'influenza dei primi due fattori, e non si può mettere in dubbio neppure quella del terzo, se si ricorda quanto abbiam detto nel capitolo della *Topografia generale delle località adiacenti al Fiume Morto*, e se si pensa che ove non avvenisse una nuova inquinazione, non sarebbe logicamente possibile il passaggio da un eccesso di ossigeno ad un *deficit*, ma sarebbe da aspettarsi tutt'al più il ritorno alla saturazione.

La forte diminuzione delle piante acquatiche è dovuta essenzialmente all'aumento della profondità dell'acqua ed alla torbidezza per cui è resa più difficile l'azione della luce sulle piante.

Dal fatto che il *deficit* che si osserva nella seconda metà del nostro corso d'acqua, anzichè diminuire tende ad aumentare fin verso il termine, s'induce che le cause d'inquinamento già accennate debbono agire permanentemente lungo tutto il tratto nel quale si osserva detto *deficit*. Tali cause risiedono essenzialmente nelle cattive condizioni delle rive, le quali, essendo basse e perciò acquitrinose, non impediscono l'accesso al fiume di tutte le acque di dilavamento della pianura adiacente.

È interessante il rilievo delle differenze che si osservano nel contenuto di ossigeno negli strati superficiali ed in quelli profondi. In questi

---

* Vedi diagrammi ossimetrici nei quali abbiamo rappresentato anche la profondità per dimostrare come questa aumenti bruscamente dove si inizia la zona terminale del *deficit* di ossigeno.

Digitized by Google

ultimi il *deficit* di saturazione è sempre assai più pronunziato; anzi nella gita *D*, nella quale si nota eccezionalmente nel campione superficiale una piccola zona di eccesso di ossigeno di cui è difficile potersi rendere ragione, si vede corrispondere nel campione profondo una zona di altissimo *deficit*. Questo fatto s'accorda molto bene con quanto sappiamo sopra i cosidetti *fenomeni di fondo* dei fiumi inquinati, dappoichè proprio in corrispondenza di questi reperti si osserva nel Fiume Morto una cospicua depressione del fondo dove, con ogni probabilità, si debbono essere accumulate ogni sorta di sostanze organiche morte, alla cui produzione contribuiscono indubbiamente anche i tagli periodici che si praticano sulle piante acquatiche più volte ricordate. Queste, distaccate dal fondo, vengono lentamente trasportate dalla corrente e vanno in definitivo ad accumularsi ed a terminare la loro decomposizione a contatto col fondo del fiume. Per questo inquinamento, che si verifica nell'ultimo tratto del Fiume Morto, è reso vano il tentativo di epurazione da noi riscontrato nella zona di eccesso di ossigeno, e si può quindi ben a ragione asserire che questo corso d'acqua, nelle sue attuali condizioni, si manifesta assolutamente inetto alla purificazione spontanea.

5. — **Resistenza elettrica — Residuo fisso e ceneri — Cloruri Ammoniaca, nitriti e nitrati.**

Le ricerche da noi riunite nel secondo gruppo, e cioè: *resistenza elettrica, residuo fisso, ceneri, cloruri,* ecc. ecc., ci hanno dato dei risultati che poco aggiungono a quanto abbiamo detto dal punto di vista dell'inquinamento e della purificazione del corso d'acqua, e perciò passeremo molto brevemente in rassegna queste indagini, riferendoci per maggiori dettagli alle tavole allegate a questo studio.

Nel capitolo della *Tecnica* avvertimmo già come la ricerca della resistenza elettrica nelle acque, applicata allo studio dell'epurazione spontanea dei fiumi, fosse cosa del tutto nuova, e come ogni previsione in merito a questa ricerca pel nostro scopo speciale fosse del tutto impossibile. I risultati da noi ottenuti, che abbiamo avuto cura di tradurre in

Digitized by Google

diagrammi, non mostrano nelle loro variazioni alcuna relazione col comportarsi dell'inquinamento. Indipendentemente da questo, le acque dell'Oseretto hanno una mineralizzazione relativamente bassa, e presentano perciò una resistenza elettrica maggiore delle altre zone. Il tratto intermedio conserva la medesima resistenza elettrica che aveva il corso d'acqua prima di ricevere l'Oseretto, e ciò nelle prime tre osservazioni: nelle ultime due, e specialmente nella gita *D*, l'abbondante tributo che l'Oseretto porta al Fosso Scorno aumenta notevolmente la resistenza, imprimendo la fisonomia mineralogica sua propria anche al tratto intermedio del Fiume Morto.

Nell'ultima porzione del corso d'acqua, notiamo una forte diminuzione nella resistenza elettrica, che crediamo senz'altro di dover mettere in relazione colla relativa ricchezza in cloruri di questo tratto di fiume, che trovasi sotto la diretta influenza dei rigurgiti e della diffusione delle acque marine. I valori rappresentanti il quantitativo delle ceneri, quello del residuo fisso e quello dei cloruri, mostrano un decorso perfettamente inverso a quello della resistenza elettrica: ciò prova la delicatezza di questo metodo fisico al riconoscimento delle variazioni della mineralizzazione di un'acqua, e sebbene nel caso nostro, per le speciali condizioni del corso d'acqua, non ne abbiamo potuto trarre alcun profitto, crediamo di dover affermare che, applicato ad altri corsi d'acqua in condizioni diverse, potrà dare dei buoni risultati come indicatore della mineralizzazione delle sostanze organiche, e quindi del compiersi del fenomeno essenziale della purificazione spontanea dei fiumi.

Infine, poche parole sui risultati ottenuti dal saggio qualitativo dell'ammoniaca, dei nitriti e dei nitrati. Abbiamo cercato di dare una certa approssimazione quantitativa a queste nostre ricerche, che sono state sempre eseguite comparativamente, ed abbiamo adottato le gradazioni indicate nella tavola relativa. Da questa è facile desumere come in tutte le osservazioni l'ammoniaca sia presente dove c'è maggiore inquinamento, e cioè nel Fosso Oseretto; manchi o sia solo in tracce nel resto del corso d'acqua. I nitriti ed i nitrati presentano un comportamento assai irregolare, e non è dato apprezzare un aumento di essi dopo la scomparsa dell'ammoniaca. Guardando tuttavia non ai particolari di ciascuna gita, ma

Digitized by Google

al complesso dei risultati rappresentati nella tavola, non può sfuggire il fatto che nel Fosso Oseretto, manifestamente inquinato, ammoniaca, nitriti e nitrati coesistono in forti proporzioni, specialmente nelle osservazioni *B* e *C*, mentre i nitriti si spingono per un buon tratto nel Fosso Scorno, e i nitrati si riscontrano, senza sensibili diminuzioni, lungo tutto il tragitto. Ora, se si considera che durante queste gite l'acqua aveva una temperatura di circa 20° C., molto adatta per gli scambi biochimici, non si può non pensare ad una rapida ossidazione dell'ammoniaca.

Mentre dunque l'alto contenuto d'ammoniaca e dei suoi gradi d'ossidazione nelle acque dell'Oseretto è una prova di più dell'alto grado d'inquinamento di questo fosso, d'altra parte il basso contenuto di ammoniaca e il contenuto tuttavia alto di nitriti e nitrati nelle acque dello Scorno sono due fatti che provano l'efficacia dei fattori biologici della purificazione.

Digitized by Google

TAV. XI.

Resistenza elettrica in Ω

(distanza degli elettrodi cm 1, diametro mm 35).

CAMPIONI	OSSERVAZIONE A	OSSERVAZIONE B	OSSERVAZIONE C	OSSERVAZIONE D	OSSERVAZIONE E
1	260,0	170,2	160,0	187,5	156,4
2	244,4	143,9	100,0	187,5	156,4
3	216,6	159,7	72,4	187,5	156,4
4	228,2	159,7	150,0	187,5	156,4
5	214,9	156,4	112,8	187,5	156,4
6	*119,7*	*75,4*	*96,1*	*74,4*	*76,9*
7	116,4	81,8	83,5	163,4	143,9
8	127,2	85,1	85,2	138,0	108,3
9	138,0	81,8	86,9	132,5	117,3
10	132,5	88,6	90,4	140,0	132,5
11	122,2	85,1	94,2	159,7	132,5
12	115,0	90,4	88,6	177,7	117,3
13	*106,1*	*92,3*	*96,1*	*177,7*	*138,0*
14	109,2	92,3	94,2	177,7	117,3
15	*124,7*	*102,0*	*104,2*	*96,0*	*96,0*
16	115,0	102,0	104,0	153,1	108,3
17	112,7	88,6	104,0	143,9	108,3
18	96,0	80,1	69,5	140,9	117,3
19	86,9	61,2	33,2	69,0	112,7
20	60,0	58,7	26,5	63,8	108,3
21	50,0	53,8	18,4	55,0	88,6
22	35,0	44,9	15,0	44,9	81,8

Digitized by Google

Tav. XII.

Residuo all'evaporazione

(seccato a 100° C., in mg per litro).

CAMPIONI	OSSERVAZIONE A	OSSERVAZIONE B	OSSERVAZIONE C	OSSERVAZIONE D	OSSERVAZIONE E
1	433,2	295,6	816,8	300,0	395,6
2	385,6	403,6	937,2	290,8	390,4
3	415,2	354,8	444,4	297,6	384,0
4	383,2	370,8	622,4	301,6	388,8
5	412,0	430,4	716,4	293,2	370,4
6	*696,0*	*700,8*	*744,4*	*723,6*	*769,2*
7	697,6	691,2	735,2	316,4	373,6
8	520,0	672,0	715,2	374,0	492,0
9	507,2	679,2	726,4	378,8	423,2
10	490,0	669,6	693,2	324,0	404,8
11	552,0	659,2	680,0	314,8	401,6
12	560,0	627,2	635,2	310,0	434,0
13	*604,8*	*598,4*	*585,6*	*313,6*	*357,5*
14	604,8	616,8	599,6	306,4	439,2
15	*664,8*	*630,4*	*588,0*	*632,4*	*642,4*
16	602,0	618,4	590,8	364,0	492,4
17	760,0	604,8	593,2	386,8	491,6
18	684,0	628,8	438,0	415,2	448,8
19	728,0	775,2	1628,2	601,2	445,6
20	730,0	792,0	1972,8	824,4	471,2
21	848,0	988,8	3713,2	1020,0	536,2
22	1048,8	1205,6	3868,0	1218,8	600,8

Digitized by Google

TAV. XIII.

Ceneri

(in mg per litro).

CAMPIONI	OSSERVAZIONE A	OSSERVAZIONE B	OSSERVAZIONE C	OSSERVAZIONE D	OSSERVAZIONE E
1	239,2	179,2	473,6	210,8	270,8
2	257,6	285,6	571,2	206,4	258,8
3	267,2	221,6	286,4	210,0	265,6
4	239,2	246,4	414,0	211,6	266,4
5	268,0	259,2	502,4	214,0	266,0
6	*550,4*	*544,8*	*565,6*	*574,8*	*585,2*
7	505,6	537,6	570,8	254,4	292,8
8	420,0	527,2	589,2	299,6	396,0
9	455,2	513,2	562,4	294,0	339,2
10	422,0	540,8	553,2	254,0	319,2
11	451,2	544,8	531,6	251,2	324,0
12	467,2	484,8	519,6	244,0	337,2
13	*472,0*	*468,8*	*477,2*	*238,8*	*278,0*
14	488,8	500,0	468,8	239,2	346,0
15	*520,4*	*499,2*	*467,2*	*499,2*	*479,2*
16	489,2	507,2	470,4	280,0	390,8
17	656,0	491,2	488,0	300,8	387,2
18	566,4	504,8	340,4	324,8	347,6
19	587,2	632,0	1392,6	492,0	358,0
20	620,0	632,0	1684,4	672,4	370,0
21	672,0	814,6	2380,8	819,0	432,8
22	924,8	1017,6	3252,0	987,6	486,8

Digitized by Google

Tav. XIV.

Cloruri (Metodo *Volhard*)

(in mg per litro).

CAMPIONI	OSSERVAZIONE A	OSSERVAZIONE B	OSSERVAZIONE C	OSSERVAZIONE D	OSSERVAZIONE E
1	14	14	92	29	34
2	7	18	118	26	36
3	14	19	44	28	34
4	7	25	60	27	37
5	14	25	70	25	33
6	*56*	*48*	*98*	*75*	*91*
7	63	60	78	30	39
8	56	42	97	38	58
9	28	53	79	38	54
10	56	52	75	30	48
11	35	50	67	32	48
12	49	63	81	34	50
13	*127*	*48*	*81*	*34*	*65*
14	63	48	86	35	40
15	*35*	*25*	*55*	*40*	*35*
16	42	35	94	32	45
17	63	29	67	32	45
18	113	35	179	45	51
19	142	213	599	240	55
20	142	182	670	260	60
21	213	229	761	300	104
22	255	468	1385	440	140

Digitized by Google

TAV. XV.

Ammoniaca, nitriti e nitrati.

(Analisi qualitativa).

o = tracce minime; ● = tracce; + = presenza manifesta; ++ = presenza più manifesta; +++ = presenza molto manifesta.

CAMPIONI	AMMONIACA					NITRITI					NITRATI				
	OSSERVAZIONE					OSSERVAZIONE					OSSERVAZIONE				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	o	●	+++	●	—	++	+++	++	●	++	++	++	++	—	●
2	o	++	+++	●	—	+	o	—	●	++	●	o	++	—	●
3	o	++	++	●	—	+	++	—	●	●	●	●	●	—	—
4	o	++	++	●	—	++	++	●	o	●	●	++	●	—	—
5	●	++	++	●	—	++	++	—	++	+++	++	●	—	—	++
6	—	o	●	—	—	+	●	—	o	●	●	●	++	—	●
7	—	o	o	●	—	+	●	—	++	+++	●	++	++	—	●
8	—	o	o	●	—	++	●	—	++	●	●	●	++	—	—
9	—	o	o	●	—	+++	—	—	+++	++	●	++	++	—	—
10	—	o	o	●	—	●	●	—	++	—	●	++	++	—	●
11	—	o	●	●	—	+	—	●	+++	—	●	++	●	—	—
12	—	o	o	●	—	+	—	●	++	—	++	++	●	—	—
13	—	o	●	●	—	●	—	—	o	●	++	●	++	—	—
14	—	o	●	●	—	o	●	—	o	●	●	++	++	—	—
15	—	o	●	●	—	●	—	—	o	—	●	++	—	—	●
16	—	o	●	●	—	o	●	—	o	—	++	++	++	—	●
17	—	o	o	●	—	o	o	—	++	●	●	++	●	—	—
18	—	o	o	●	—	+	o	—	—	—	●	++	●	—	—
19	—	o	●	●	—	●	o	—	—	●	●	++	++	—	—
20	—	o	o	●	—	●	●	—	—	●	+++	++	++	—	—
21	—	o	o	●	—	●	++	●	++	—	●	++	—	—	—
22	—	o	o	●	—	+	o	o	●	●	●	+++	—	—	—

Digitized by Google

Dopo questa rapida analisi dei risultati sperimentali, è giunto il momento di formulare un concetto sintetico sull'essenza del fenomeno di purificazione spontanea, attivamente iniziatosi dopo lo sbocco dell'Oseretto, sebbene poi interrotto dal sopraggiungere d' un nuovo inquinamento nel tratto terminale.

Che si tratti di un fenomeno biologico non può mettersi in alcun modo in dubbio, se si pensa all'attivo consumo di ossigeno sùbito a valle dello sbocco dell'Oseretto, consumo che è certamente indice di una grande attività batterica.

Dovremmo dunque concludere essere i batteri i fattori precipui di questo iniziarsi della purificazione; se non che i fenomeni che si riscontrano nell'ultimo tratto del fiume ci persuadono che, nel nostro caso particolare, i batteri da soli non potrebbero esser capaci di un proficuo lavoro purificatore. Infatti, in questo tratto, ridotta ad un minimo la vegetazione acquatica e quasi triplicata la profondità, si stabilisce un *deficit* di ossigeno che perdura sino alla fine, il che prova che i batteri da soli sono incapaci di liberare la massa d'acqua dal nuovo inquinamento.

Questa incapacità dei batteri dipende dalla insufficienza dell'ossigeno disponibile e dalla difficoltà che una cospicua e quasi ferma massa d'acqua incontra ad assorbirne dall' atmosfera. In tali condizioni, si verifica ciò che altrove chiamammo l'*asfissia della purificazione,* cioè il consumo di ossigeno non compensato: scompenso che può arrivare fino alla produzione di un ambiente anaerobico, quale fu da noi riscontrato nell'avvallamento terminale del fondo.

Appare quindi evidente l'importanza decisiva delle piante per la purificazione del nostro corso d'acqua. Esse costituiscono un anello indispensabile nella catena delle azioni biologiche, che determinano la scomparsa delle sostanze inquinanti. Si verifica una vera e propria *simbiosi* fra piante acquatiche e batteri; questi ultimi forniscono alle piante l'alimento necessario sotto forma di prodotti dell'ossidazione (acido carbonico e nitrati); le piante alla loro volta, utilizzando questi prodotti, forniscono ai batteri, mediante la loro funzione clorofilliana, l'ossigeno necessario all'attività ossidatrice di essi.

Digitized by Google

Ma la partecipazione delle piante al fenomeno della epurazione spontanea del fiume non si deve limitare a questo modo indiretto, potendo esse assimilare direttamente le sostanze organiche disciolte, come è stato ripetutamente provato dall'esperimento.

Possiamo ora anche spiegarci perchè, pure essendoci le più favorevoli condizioni per una nitrificazione, non compaia a valle un aumento sensibile di nitrati, dopo la scomparsa dell'ammoniaca: sono appunto le piante che assimilano l'azoto nitrico ed eventualmente lo stesso azoto ammoniacale trasformandoli in sostanza organica vivente.

Notiamo inoltre che le piante sulle quali il *König* ha dimostrato la capacità assimilatrice per le sostanze organiche sono in gran parte le medesime che abbiamo riscontrato nel Fiume Morto.

Nel nostro caso adunque il fattore macrobiologico delle piante assume un' importanza preponderante sul fattore microbiologico, il quale è quasi in servizio dell' attività delle piante superiori.

Digitized by Google

CONCLUSIONI

Due ordini di conclusioni possiamo trarre dalle nostre ricerche: l'uno particolare circa il corso d'acqua da noi studiato, l'altro generale circa la natura del fenomeno tanto complesso della autopurificazione dei fiumi.

Per quel che riguarda il primo ordine di conclusioni, notiamo subito che esistono due pregevoli pubblicazioni dovute agli ingegneri *Odifredi* e *Ricci-Busatti*, sulla *Bonifica della pianura settentrionale pisana*, con particolare riguardo alla sistemazione del Fiume Morto, che, come abbiamo già detto, è il collettore principale degli scoli della pianura.

Tali pubblicazioni trattano l'argomento della bonifica con largo corredo di particolari tecnici, dai quali risulta la necessità, già da molti anni constatata, e la possibilità di assicurare al Fiume Morto, con opere d'arte alla foce o lungo il tragitto, un deflusso più facile e spedito.

Sarebbe fuor di luogo l'addentrarci in minute considerazioni d'ordine tecnico, o nell'apprezzamento delle proposte diverse contenute in queste pubblicazioni, e ci limitiamo a stralciare da esse, e specialmente da quella dell'ing. *Ricci*, alcuni dati che serviranno a rafforzare le nostre proposte basate esclusivamente su considerazioni d'ordine igienico.

In primo luogo dobbiamo rispondere al quesito se e in quale misura il Fiume Morto è atto a purificarsi spontaneamente dei rifiuti portatigli dall'Oseretto. A questo proposito crediamo di potere affermare che, nonostante lo sfavorevole rapporto di diluizione, la purificazione spontanea si inizia in modo veramente sodisfacente, grazie sopratutto alla esuberante produzione di ossigeno per parte della vegetazione del fondo del Fosso Scorno. E poichè l'ing. *Ricci* nella sua Relazione (pag. 51) riconosce tecnicamente opportuno conservare all'Oseretto il suo decorso attuale ed il suo sbocco alla Madonna dell'Acqua, noi per conto nostro possiamo dire

Digitized by Google

che anche igienicamente questo sbocco si presenta del tutto conveniente, in quanto i materiali di rifiuto vengono smaltiti in località sufficientemente distante dal centro urbano, ed in un tratto del corso d'acqua molto ricco d'ossigeno. Anche secondo le esigenze dell'igiene, potrebbe quindi la città di Pisa continuare a scaricare gran parte delle sue fogne settentrionali e dei suoi rifiuti industriali nel Fosso Oseretto, quando il decorso di questo venisse sistemato in maniera tale da garantire le località adiacenti dalle malsane esalazioni e dalle dannose infiltrazioni, inevitabili nelle condizioni attuali.

Converrebbe però che tutta la Fossa Murata e tutto il Fosso Oseretto fossero ricoperti e resi impermeabili nel fondo e nelle pareti, e fossero offerte al Canale le migliori condizioni di scolo con una delle più opportune sagome che l'ingegneria sanitaria consiglia. Di più, le cacciate d'acqua dal Canale Macinante che si praticano molto irregolarmente e ad intervalli eccessivamente lunghi, sarebbe igienicamente consigliabile che si effettuassero più di frequente. In tal modo verrebbe disciplinato il regime idrometrico dell'Oseretto così da evitare gli eventuali danni igienici che potrebbero risentirsi alle origini. Il modo migliore di raggiungere lo scopo sarebbe quello di stabilire delle cacciate automatiche mediante un sifone lavatore, da proporzionarsi convenientemente e nel periodo e nella potenzialità.

Ma se il Fiume Morto inizia efficacemente la sua epurazione dai rifiuti ricevuti dall'Oseretto, nel suo ultimo tratto si mostra nuovamente assai inquinato, e ciò è evidentemente per la natura dei canali che affluiscono in seguito, per le cattive condizioni in cui si trovano le rive e molto probabilmente per l'accumularsi delle piante morte in conseguenza dei periodici tagli. A tal proposito sarebbe consigliabile di completare l'operazione dei tagli colla sollecita remozione delle piante recise, in luogo di abbandonarle, come si fa attualmente, alla corrente.

Quando le opere di bonifica progettate saranno poste in effetto, si conseguirà senza dubbio un grande vantaggio anche nei caratteri fisici dell'acqua, nel senso di eliminare l'attuale inquinamento, ed allora a maggior ragione non vi potrà essere alcuno scrupolo per la immissione dei rifiuti cittadini in questo canale.

Digitized by Google

In questa affermazione ci troviamo perfettamente d'accordo colle ultime vedute dei tecnici, i quali ritengono che il Fiume Morto, specialmente dopo adeguata bonifica, si troverà in condizioni tali da assicurare un funzionamento perfetto nello scolo delle fogne cittadine, delle acque industriali e di quelle provenienti dal Cimitero (ved. *Ricci-Busatti,* loc. cit., pag. 51 e 52).

Il Fiume Morto adunque si presenta nella duplice funzione di canale collettore delle acque di tutta la pianura settentrionale pisana, e di naturale bacino di smaltimento delle fogne cittadine. E però la sua sistemazione, conseguente alla bonifica, rappresenta la soluzione di un grave problema non solo d'ordine agricolo ed economico, ma anche d'ordine igienico e sanitario, sia per la pianura stessa, sia per la città di Pisa.

E noi ci auguriamo che da questo nostro studio possa derivare un incitamento per una sollecita attuazione della bonifica e un maggiore interessamento per la questione igienica, la quale, lo ripetiamo ancora una volta, riguarda particolarmente la sistemazione del Fosso Oseretto nel modo da noi indicato.

***

Quanto alla questione generale dell'epurazione spontanea dei corsi d'acqua, ci siamo potuti formare il concetto, in base alle nostre ricerche sperimentali, che questo fenomeno sia di natura essenzialmente biologica, in quanto riteniamo che per epurazione spontanea delle acque correnti si debba intendere la distruzione o comunque la scomparsa dei materiali inquinanti.

Così posta la questione, ci sembra assai artificiosa la distinzione fatta dagli autori dei molteplici fattori dell'autodepurazione dei fiumi. Così la *diluizione* e la *sedimentazione,* da *Weyl* (l. c., p. 453) denominate fattori di *purificazione apparente,* non hanno, secondo noi, alcuna parte diretta nel processo. E invero, la diluizione, verificandosi solo in un tratto di fiume più o meno breve, immediatamente a valle dello sbocco cloacale, è veramente una purificazione relativa, ma soltanto rispetto alle acque di

Digitized by Google

fogna, chè anzi il fiume proprio al momento della diluizione rimane inquinato. È molto più esatto considerare un certo grado di diluizione, non come fattore vero e proprio di purificazione, ma come il *punto di partenza* necessario perchè la purificazione si compia nel più breve tempo, e sopra il più breve tratto possibile, e come un ampliamento della superficie di esposizione ai veri agenti della purificazione.

E non solo la diluizione non è da considerarsi come un fattore efficiente della epurazione spontanea dei corsi d'acqua, ma, secondo ci dicono i risultati del nostro studio, è a ritenere che non si possa stabilire per essa un limite minimo, che secondo i casi potrà riuscire od eccessivo od insufficiente. Per determinare questo limite minimo, quando si tratti di permettere o meno l'immissione di acque luride in un corso d'acqua, convien portare l'attenzione su molteplici circostanze, quali specialmente la natura dei liquidi da smaltire e le condizioni particolari del corso d'acqua in cui devono essere smaltiti.

Così nel caso nostro si è mostrata sufficiente la minima diluizione di 1 : 3, mercè l'attiva partecipazione al processo delle piante superiori.

La *sedimentazione* poi non ha altro effetto se non quello di *spostare* le sostanze inquinanti dall'acqua al fondo del fiume, dove il processo di scomposizione si continua lentamente. Tuttavia, la funzione della sedimentazione nella purificazione spontanea dei fiumi è indubbiamente utile in quanto essa è una condizione indispensabile perchè possano compiersi i fenomeni di scomposizione delle sostanze sedimentate.

A proposito della *luce*, dal nostro studio risulta dimostrata la grande importanza di essa nella purificazione spontanea dei fiumi, ma in maniera indiretta in quanto è condizione indispensabile per la vita delle piante acquatiche. Non si esclude però che, in determinate condizioni, la luce possa essere un fattore diretto in quanto è capace di esercitare un'azione microbicida in rapporto ai germi patogeni.

Anche la *temperatura* partecipa al fenomeno dell'autodepurazione solo indirettamente, in quanto è soltanto entro certi limiti di temperatura che la vita batterica, vero fattore efficiente della epurazione spontanea dei fiumi, può manifestarsi e produrre la distruzione delle sostanze inquinanti.

Digitized by Google

Dicemmo già come il fattore biologico della purificazione delle acque inquinanti sia tanto più attivo quanto più la temperatura si avvicina all'*optimum* di 37°. È dunque nella stagione estiva che il consumo di ossigeno è più attivo e più facilmente si stabilisce un *deficit* di saturazione, tanto più che aumentando la temperatura diminuisce la solubilità dell'ossigeno.

Quanto alla *lunghezza del fiume* e la *velocità della corrente* risulta dal nostro studio che, allo stesso modo della diluizione, non si possono stabilire dei limiti fissi per la zona di purificazione, che va determinata volta per volta, dipendentemente da numerosissime circostanze che possono verificarsi nei singoli corsi d'acqua.

Circa l'essenza della purificazione spontanea dei fiumi ci sembra che il nostro studio porti un contributo veramente importante, in quanto dimostra come l'azione biologica debba essere intesa in un senso molto largo: nel senso cioè della partecipazione diretta o indiretta dei più vari organismi capaci di vivere nelle acque, dai batteri alle piante superiori. Ma poichè non tutti i corsi d'acqua presentano le condizioni per la vegetazione delle piante acquatiche, ci sembra di potere ammettere che la purificazione dei fiumi si possa compiere secondo due maniere fondamentali.

Nelle grandi correnti superficiali povere o prive di piante acquatiche ed a velocità cospicua assume un'importanza speciale il fattore microbiologico; ed allora i fenomeni che portano alla epurazione si possono veramente assomigliare alle varie fasi degli impianti di epurazione biologica, inquantochè il fondo del fiume funziona in qualche modo da *fossa settica* per la solubilizzazione delle sostanze sedimentate, mentre le sostanze disciolte vengono ossidate in seno alla massa dell'acqua, la quale col suo movimento rende possibile un continuo e sufficiente assorbimento di ossigeno dall'atmosfera.

Nei piccoli corsi d'acqua invece, sopratutto se con scarsa velocità, il fenomeno biologico inteso nel senso di una semplice ossidazione di natura batterica non può avere alcun effetto utile, se non quando entri in azione il concorso delle piante verdi.

È evidente che ciò può avvenire soltanto dove le acque sono relativamente limpide e poco profonde. In questo caso, che è precisamente

Digitized by Google

il nostro, la vita delle piante ha la maggiore importanza, e la vita batterica passa in seconda linea.

S' intende che fra questi due casi estremi si può dare tutta una serie di tipi intermedi rispondenti alla particolare fisonomia dei singoli corsi d' acqua.

Una volta riconosciuta l'esistenza di questo particolar modo di purificazione dei piccoli corsi d'acqua a lenta corrente, ne risulta l'ovvio precetto pratico che, quando per ragioni speciali non si possa dare alla corrente superficiale una velocità sufficiente, si debbano offrire alle piante le migliori condizioni di vegetazione, in modo speciale curando la sistemazione del letto del fiume.

Si dovrà naturalmente prevenire l'ingombro che potrebbe esser prodotto dalle piante morte, procedendo a periodiche falciature, seguite dalle rimozioni delle piante tagliate.

Pisa, Dicembre 1906.

Digitized by Google

Digitized by Google

INDICAZIONI BIBLIOGRAFICHE DEI LAVORI CITATI

ABBA, *Sulla necessità di dare maggiore uniformità alla tecnica dell'analisi batteriologica dell'acqua. Rivista d'Igiene e Sanità pubblica,* 1900, n. 10, pp. 243-359.

BLASIUS, *Städtereinigung. Handbuch der Hygiene von* WEYL, Bd. II, Jena, 1894.

BOHR e BOCK, *Wied. Ann.*, vol. 44, p. 318.

BOKORNY TH., *Einige Versuche über Abnahme des Wassers an organischer Substanz durch Algenvegetationen. Archiv. für Hygiene,* 1892, Bd. XIV, p. 202.

BOKORNY TH., *Chemisch-physiologische Beiträge zur Frage der Selbstreinigung der Flüsse,* Chem. Ztg. XVIII; cfr. *Hygienische Rundschau,* 1894, p. 449.

BOKORNY TH., *Ueber die Betheiligung chlorophyllführender Pflanzen an der Selbstreinigung der Flüsse. Archiv. f. Hygiene,* Bd. XX, 1894, pp. 181-196.

BREZINA E., *Die Donau vom Leopoldsberge bis Pressburg, die Abwässer der Stadt Wien und deren Schicksal nach ihrer Einmündung in den Strom. Zeitschrift f. Hygiene u. Infektionskrank.*, 1906, Bd. 53, H. 3, pp. 369-503.

BUCHNER, *Ueber den Einfluss des Lichtes auf Bacterien und über die Selbstreinigung der Flüsse. Archiv. f. Hygiene,* 1893, Bd. XVII, pp. 179-200.

BÜSING, *Die Kanalisation. Hanbuch der Hygiene von* WEYL, Bd. II, Jena, 1894.

CAPPELLETTI E. e VIVALDI M., *Ricerche chimico-batterioscopiche sul Bacchiglione in rapporto con Padova.* Contributo allo studio dello inquinamento e dell'autodepurazione dei fiumi. *Annali d'Igiene sperimentale,* vol. V (nuova serie), 1895; pp. 137-175.

CELLI e SCALA, *Sulle acque del Tevere.* Studio dal punto di vista dell'Igiene. *Annali dell'Istituto d'Igiene sperimentale della R. Università di Roma,* serie I, vol. II, p. 177, 1890.

CHLOPIN, *Untersuchungen über die Genauigkeit des Winkler'schen Verfharens zur Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes im Vergleich mit des gasometrischen Methode. Archiv. f. Hygiene,* Bd. 27, 1896, pp. 18-33.

CHLOPIN, *Weitere Untersuchungen über die Methoden zur Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes. Archiv. f. Hygiene,* Bd 32, 1898, pp. 294-309.

DAVIDS, *Untersuchungen über den Bacteriengehalt des Flussbodens in verschiedener Tiefe. Archiv. f. Hygiene,* 1895, Bd. XXIV, pp. 211-227.

Digitized by Google

De' Rossi G., *Sui fenomeni d'agglutinazione dei batteri. Archivio per le Scienze Mediche*, vol. XXVIII, 1904.

Dienert F., *Annales de l'Observatoire de Montsouris*, 1903, t. II, citato dal *Guillerd* (1904).

Dienert F., *Des méthodes employées pour sourveiller les eaux destinées à l'alimentation et de l'interprétation à donner aux résultats obtenus. Ann. de l'Inst. Pasteur*, 1905, n. 9, pp. 541-563.

Di Mattei e Stagnitta, *Sul modo di comportarsi dei microbi patogeni nell'acqua corrente. Annali dell'Istituto d'Igiene sperimentale di Roma*, 1889.

Duclaux, *La purification spontanée des eaux de fleuves. Revue critique. Ann. de l'Inst. Pasteur*, 1894, pp. 116-127, 178-186.

Duclaux, *Traité de microbiologie*, t. I, Paris, 1898.

Emmerich e Gemünd, *Beiträge zur experimentelle Begründung der Pettenkoferschen lokalistischen Cholera und Typhuslehre. Munch. med. Wochenschr.*, 1904, n. 25, p. 1089; cfr. *Hygienische Rundschau*, 1905, p. 660.

Fedeli e Mussi, *Metodi solleciti e pratici per stabilire la costanza di composizione delle acque. Idrologia e Climatologia*, anno XII, 1902, n. 6.

Fehrs, *Die Beeinflussung der Lebensdauer von Krankheitskeimen im Wasser durch Protozoen. Hygienische Rundschau*, 1906, pp. 113-121.

Fischer, *Das Wasser*. Berlin, 1902.

Goldscmidt, Luxemburger, Neumayer e Prausnitz, *Das Absterben der Microorganismen bei der Selbstreinigung der Flüsse. Hygienische Rundschau*, 1898, pp. 161-184.

Grixoni, *Sulla biologia degli anaerobi. Giornale Medico del R. Esercito*, Luglio 1905.

Grosse-Bohle, *Beiträge zur Frage der Selbstreinigung der Gewässer. Dissertation.* Arnsberg, 1900; cfr. *Spitta*, o. c., 1900, p. 202.

Guillerd A., *L'emploi de la conductibilité electrique dans la surveillance des eaux de source. Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, 1904, pp. 961-968.

Hesse e Niedner, *Die Methodik der bakteriologischen Wasseruntersuchung. Zeitschrf. f. Hygiene u. Infektionkrankh.*, 1899, Bd. XXIX, p. 454.

Huntemüller O., *Vernichtung der Bakterien im Wasser durch Protozoen. Arch. f. Hygiene*, 1905, Bd. LIV, pp. 89-100.

Kabrhel G., *Bakteriologische und kritische Studien über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Archiv. f. Hygiene*, 1897, Bd. XXX, pp. 32-48.

Kisskalt K., *Die Verunreinigung der Lahn und der Wieseck durch die Abwässer der Stadt Giessen, mit besonderer Berücksichtigung der Brauchbarkeit der üblichen Methoden zur Untersuchung von Flussverunreinigungen. Zeitschr. f. Hygiene*, Bd. 53, n. 2, pp. 305-368.

Knauthe, *Der Kreislauf der Gase in unseren Gewässern. Biolog. Centralblatt*, Bd. XVIII, 1898, n. 22; cfr. *Spitta*, o. c., 1900, p. 218.

Kohlrausch, *Lehrbuch der praktischen Fisik*, 1901, p, 411.

Digitized by Google

KOLKWITZ R. e MARSSON M., *Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zur Berlin.* H. 1, Berlin, 1902; cfr. *Hygienische Rundschau*, 1903, p. 400.

KOLKWITZ R., *Uber Bau und Leben des Abwasserpilzes Leptomitus lacteus. Mitteilungen etc.* H. 2, Berlin, 1903; cfr. *Hyg. Rundschau*, 1904, p. 462.

KOLKWITZ R., *Die biologische Selbstreinigung der natürlichen Gewässer. Handbuch der Tecnischen Mykologie von* LAFAR. Bd. III, pp. 370-391, Jena, 1906.

KÖNIG, *Beiträge zur Selbstreinigung der Flüsse. Zeitschr. f. Untersuchung. d. Nahrgs. u. Genussm.*, 1900. p. 377; cfr. *Hyg. Rundschau*, 1901, p. 173.

KONRADI D., *Typhusbacillen in Brunnenwasser. Centralblatt f. Bak.*, 1904, Or., n. 5.

KONRADI D., *Ueber die Lebensdauer pathogener Bakterien im Wasser. Centralblatt f. Bak.*, 1904, Or., Bd. XXXVI, pp. 203-211.

KÖPPE D., *Physikalisch-chemische Analise der Mineralwässer. Archiv. f. Balneoth. u. Hydroth.*, 1897, H. 8; cfr. *Hyg. Rundschau*, 1899, p. 969.

KORSCHUN S., *Ueber die Bestimmung des Sauerstoffes im Wasser nebst einigen Beobachtungen über Sauerstoffzehrung. Archiv. f. Hygiene*, 1907. Bd. LXI, pp. 324-335.

KORSCHUN S., *Zur Frage der Verbreitung des Abdominaltyphus durch Trinkwasser. Arch. f. Hygiene*, 1907, Bd. LXI, pp. 336-347.

LEHMANN, *Die Methoden der praktischen Hygiene. Wiesbaden*, 1901, p. 258.

LOEFFLER, *Das Wasser und die Microorganismen. Handbuch der Hygiene von* WEYL, Bd. I, pp. 611-663 (*Die Verbreitung von Krankheiten durch das Wasser*); pp. 663-687 (*Verhalten der pathogener Bakterien in Wasser*). Jena, 1896.

LOEW O. e BOKORNY TH., *Journ. f. pract. Chemie*, Bd. 36, p. 277; cfr. *Bokorny*, o. c., 1894, p. 188.

LOEW O., *Zur Frage der Selbstreinigung der Flusse. Arch. f. Hygiene*, Bd. XII, 1891, p. 261.

MARTEL E.-A., *L'eau. Étude hydrologique;* in *Traité d'Hygiène di* P. BROUARDEL *ed* E. MOSNY, Paris, 1906, pp. 170-171.

MAZZA, *Ricerche sull'autodepurazione dei fiumi. Rivista d'Igiene e Sanità pubblica*, 1898, p. 720; cfr. *Pagliani*, o. c., p. 278.

MIQUEL, *Manuel pratique d'analyse bacteriologique des eaux.* Paris, 1891; pp. 156-161.

MÜLLER P., *Ueber die Verwendung des von Hesse und Niedner empfholenen Nährbodens bei der bakteriologischen Wasseruntersuchung. Archiv. f. Hygiene*, 1900, Bd. XXXVIII, pp. 350-381.

MUSSI U., *Acque medicinali naturali e artificiali. Considerazioni fisico- chimiche e igieniche, con ricerche sperimentali.* Firenze, 1898.

MUTSCHLER L., *Das Aarevasser bei Bern. Ein Beitrag zur kenntniss der Selbstreinigung der Flüsse. Forschungsb. ü. Nahrungsmittel. Hyg., For. Chem. u. Pharm.* 1896, 13; cfr. *Hyg. Rund.*, 1897, 318.

Digitized by Google

ODIFREDI R., *Progetto di massima per la bonifica generale della pianura settentrionale Pisana*, Pisa, 1900.

OHLMÜLLER, *Esame delle acque. Guida pratica.* Trad. it., 1897, p. 67.

ORI A., *Sulla coltura degli anaerobi. Atti della R. Accademia dei Fisiocritici*, serie IV, vol. XVII, 1905.

PAGLIANI, *Trattato d'Igiene e di Sanità pubblica.* Milano, 1906, vol. I, parte I.

PASQUINI P., *Alcune ricerche sulla tecnica per l'esame batteriologico delle acque. Atti della Società Toscana d'Igiene*, 1° semestre 1906.

PETTENKOFER, *Ueber Selbstreinigung der Flüsse. Vortrag i. d. Hygien. Sektion der Naturforscherversammlung zur Halle. Deutsche med. Wochenschrift*, 1891, n. 47; cfr. *Hyg. Rundschau*, 1892, pp. 633-636.

PFEIFFER e EISENLHOR, *Zur Frage der Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hygiene*, 1892, Bd. XIV, H. 2, p. 190; cfr. *Hyg. Rundschau*, 1892, p. 671.

PLEISSNER M., *Brunnenbeaufsichtigung städtischer Wasserleitungen. Apotheken-Ztg.*, 1901, p. 454; cfr. *Hyg. Rundschau*, 1902, p. 381.

PROCACCINI R., *Influenza della luce solare sulle acque di rifiuto. Analisi dell'Istituto d'Igiene sperimentale della R. Università di Roma*, vol. III (nuova serie), 1893.

RAPP R., *Ueber den Einfluss des Lichtes auf organische Substanze, mit besonderer Berücksichtigung des Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hygiene*, 1904, Bd. 48, p. 179-205.

REMMLINGER e SCHNEIDER, *Contribution à l'étude du bacille typhique. Annales de l'Institut Pasteur*, 1897. pp. 55-66.

RICCI-BUSATTI, *Bonifica della pianura settentrionale Pisana. Relazione*, Pisa, 1906.

RUBNER, *Beitrag zur Lehre von den Wasserbakterien. Arch. f. Hygiene*, 1901, Bd. XI, H. 4, p. 365.

RUBNER, *Das städtische Sielwasser und seine Beziehung zur Flussverunreinigung. Arch. f. Hygiene*, 1903, Bd. XLVI, pp. 1-63.

SCHENK H., *Ueber di Bedeutung der Rheinvegetation für die Selbstreinigung des Rheines. Centralbl. f. Allgem. Gesundheitspfl.*, XII, 10-12, 1893; cfr. *Hyg. Rundschau*, 1894, p. 1027.

SERAFINI A., *Contributo allo studio sperimentale dell'autodepurazione dell'acqua, specialmente dei fiumi. Annali dell'Istituto d'Igiene sperimentale di Roma*, vol. I (nuova serie), 1891, pp. 277-362.

SPATARO D., *Igiene del suolo e dell'abitato. Manuale dell'Igienista, di* A. CELLI, 3ª ed., 1907, vol. II, parte I, p. 547.

SPITTA O., *Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Archiv. f. Hygiene*, 1900, Bd. XXXVIII, pp. 160-314.

SPITTA O., *Weitere Untersuchungen über Flussverunreinigung. Archiv. f. Hygiene*, 1903, Bd. XLVI, pp. 64-120.

Digitized by Google

TAROZZI, *Sulla possibilità di coltivare facilmente all'aria in cultura pura i germi anaerobici. Atti della R. Accademia dei Fisiocritici,* serie IV, vol. XV, Siena, 1905.

TAROZZI, *Ulteriori osservazioni sulla cultura aerobica dei germi anaerobici. Atti della R. Accademia dei Fisiocritici,* serie IV, vol. XVII; Siena, 1905.

TAROZZI, *Osservazioni sulla natura dei fenomeni che determinano la esigenza anaerobica nelle culture dei germi anaerobici. Atti della R. Accademia dei Fisiocritici,* serie IV, vol. XVII; Siena, 1905.

TIEMANN-GÄRTNER, *Handbuch der Untersuchung und Beurtheilung der Wässer. Braunschweig,* 1905.

UFFELMANN, *Die Selbstreinigung der Flüsse mit bes. Rücksicht auf Städtereinigung. Berliner klin. Wochenschrift,* 1892; cfr. *Bokorny,* o. c., 1894, e *Duclaux,* o. c., 1898.

WEYL TH., *Flussverunreinigung. Handbuch der Hygiene,* Bd. II, Jena, 1897.

WERNICKE E., *Ueber di persistenz der Choleravibrionen im Wasser. Hyg. Rundschau,* 1895, n. 16, pp. 736-741.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ISTITUTO DI FISIOLOGIA DELLA R. UNIVERSITÀ DI PISA

DIRETTO DAL PROF. VITTORIO ADUCCO

AZIONE DEL PRINCIPIO ATTIVO SURRENALE

SULLA FATICA MUSCOLARE

NOTA DEL DOTTOR

AMILCARE PANELLA

AIUTO

Digitized by Google

Digitized by Google

Lo studio dell'influenza spiegata dall'estratto di capsule surrenali o dal suo principio attivo sul lavoro e sulla fatica muscolare e quello dell' analogia esistente fra fenomeni propri della fatica muscolare ed effetti della esportazione delle capsule surrenali, non è nuovo.

Senza pretendere di riassumere tutte le ricerche pubblicate in argomento, ricorderò come già nel 1892 Abelous e Langlois (1), sperimentando sulle rane, pensarono che la morte dell'animale, successiva alla distruzione delle capsule surrenali, fosse dovuta all'accumulo nel sangue di sostanze tossiche, di natura principalmente curarizzante. Le quali sostanze, aggiunsero poco dopo gli stessi AA. (2), si producono durante il lavoro muscolare e si accumulano nell'organismo, quando le capsule surrenali siano distrutte, poichè quest' ultime sono organi incaricati di elaborare prodotti che possono modificare, neutralizzare o distruggere i veleni suddetti. Oltre a ciò gli stessi AA. (3) ricercarono, con risultato positivo, se le sostanze tossiche esistenti nel sangue di animali scapsulati, esistano anche in altre parti dell'organismo e specialmente nel tessuto muscolare.

Contemporaneamente Albanese (4) sperimentava in rane ed in conigli, ottenendo gli stessi risultati in ambedue le specie animali, e verificando che, se la rana normale elimina col riposo gli effetti deleteri

Digitized by Google

della fatica, questi vanno invece sempre più accentuandosi nella rana privata delle capsule surrenali, sino a che l'animale muore in istato di completa paralisi. Inoltre verificò come la morte per esaurimento da fatica e quella per asportazione delle capsule surrenali avvengano nella rana con fenomeni molto simili.

Poco dopo Abelous (5) affermava, che le sostanze tossiche, che si accumulano nell'organismo dopo la soppressione della funzione surrenale e che dànno la morte, sono della stessa natura dei veleni elaborati dal lavoro muscolare esagerato. Se non che quest'ultimi sono di effetto transitorio, perchè pare vengano distrutti dalla funzione delle capsule surrenali e forse per un processo di ossidazione.

Alquanto più tardi Oliver e Schäfer (6) studiarono l'azione dell'estratto di capsule surrenali sulla scossa muscolare e videro che si esplicava essenzialmente sulla durata del miogramma, che era tanto maggiore quanto più a lungo aveva agito l'estratto.

Quasi contemporaneamente Boinet (7) affermava che il meccanismo della morte che sussegue, dopo settimane o mesi, alla doppia asportazione delle capsule, era dovuto fra altro all'accumularsi, nei muscoli, nel sangue e nei visceri dei topi scapsulati, di sostanze tossiche non eliminate per l'avvenuta soppressione dei due organi. D'altro canto affermava (8-9-10), contrariamente all'opinione di altri e sperimentando sul *Mus decumanus,* che la completa asportazione delle capsule surrenali vere ed accessorie, permette ancora all'animale operato di resistere per lungo tempo agli effetti deleteri di un considerevole lavoro muscolare.

Successivamente Dubois (11-12) reputava che alle capsule surrenali spetti la principale funzione di distruggere le tossine circolanti nell'organismo e sopratutto i prodotti tossici del lavoro muscolare.

Qualche anno dopo Boruttau (13) trovava che la sostanza attiva delle capsule surrenali influenza la contrazione muscolare in egual modo che la fatica, rendendo anche minore il periodo ascendente della scossa. Aggiungeva poi che stimolando direttamente il muscolo, sottoposto all'azione di estratto surrenale concentrato, aveva ottenuto notevole abbassamento ed allungamento della curva con assai lento ritorno del muscolo alle sue prime condizioni di espansione.

Digitized by Google

A sua volta Boinet (14) scriveva che la asportazione delle surrenali nel *Mus decumanus* gli aveva permesso di osservare, durante la vita post-operatoria dell' animale, che la morte avveniva con i fenomeni di autocurarizzazione descritti da Abelous e Langlois. Aggiungeva che lo stimolo elettrico, applicato ai muscoli prima della morte, provocava effetto insignificante, mentre si aveva contrazione più valida eccitando lo sciatico. Risultato che, occorre dirlo, mal si concilia con l' idea di una azione curarica.

Nel 1902 Battelli e Boatta (16) verificarono diminuzione dell'adrenalina contenuta nelle capsule surrenali in seguito alla fatica e spiegarono il fatto, ammettendo che l' adrenalina abbia il compito di combattere gli effetti deleteri della fatica. Battelli poi (17) stabiliva che nel cane, affaticato prima nei muscoli e poi fatto riposare per qualche ora, si ha aumento notevole e costante nella quantità di adrenalina contenuta nelle capsule.

Contemporaneamente Bernard e Bigart (18) e poco dopo Bardier e Bonne (19) esaminavano le alterazioni istologiche proprie delle capsule surrenali negli animali affaticati, mentre Carnot e Josserand (20) osservavano che l'azione dell' adrenalina viene in parte neutralizzata, quando la sostanza attraversi un muscolo e specialmente se il muscolo sia stato in precedenza affaticato.

Nel medesimo anno la signorina Ioteyko (21) asseriva essere l' adrenalina un eccitante sarcoplasmatico dei muscoli, poichè la sua azione è tanto più energica quanto più il muscolo è ricco di sarcoplasma.

In pari tempo Dessy e Grandis (22), sperimentando sul *Leptodactylus occellatus* ed usando estratto acquoso di capsule surrenali, accertarono che il gastrocnemio, eccitato per lo sciatico ed ormai stanco, riprendeva nuova energia quando all'animale veniva somministrata nel sacco dorsale una certa quantità dell'estratto, senza però che il muscolo potesse raggiungere di nuovo la validità iniziale. Gli stessi AA. sperimentarono ancora sul medesimo animale a digiuno da cinque mesi, osservando in tal caso una maggiore sensibilità per l' azione dell' adrenalina. Videro inoltre che ulteriori somministrazioni della sostanza, dopo esaurito l'effetto della prima dose iniettata, riescono nulle, e studiarono infine l'azione

Digitized by Google

dell'estratto surrenale sul muscolo staccato dall'organismo. In quest'ultima serie di prove poterono stabilire che si ha del pari ripresa del lavoro per parte del muscolo esaurito, ma con un aumento e con una nuova durata di energia minore a quella del muscolo irrorato dal sangue, mentre al contrario del caso precedente, nel muscolo isolato le ripetute dosi di adrenalina ripetono il loro effetto benefico.

Il Gioffredi (23), in un suo studio sull' azione biologica dell' adrenalina, ha affermato fra altro che questa sostanza eccita leggermente in primo tempo e poi paralizza la fibra muscolare striata: l' Abelous (24) a sua volta ha presentata una nuova prova delle precedenti affermazioni sue e di Langlois, privando le rane delle capsule surrenali e notando che, nel periodo di vita post-operatorio, della durata media di 24-36 ore, il massaggio ed i movimenti passivi degli arti posteriori dell'animale determinavano una rapida paralisi ed acceleravano la morte.

Per ultimo il Capobianco (25), sperimentando sul gastrocnemio del rospo ed usando l'estratto surrenale Merk, ottenne risultati che diversificano da quelli di Dessy e Grandis (22), non noti, a quanto pare, all'A. I risultati del Capobianco si accordano con quelli prima citati del Boruttau (13), e perciò il Capobianco conclude affermando, che l'estratto surrenale è senza dubbio un veleno della funzione motoria muscolare, paragonabile nei suoi effetti all'azione della fatica.

***

L'evidente disaccordo che esiste fra i risultati delle ricerche di Dessy e Grandis (22) e quelli del Boruttau (13) e del Capobianco (25), persuasero il mio Maestro a consigliarmi di riprendere lo studio del problema per ricercarne la soluzione, non solo negli eterotermi, ma anche negli omotermi, giacchè è evidente che la risoluzione della questione presenta un interesse fondamentale per ciò che riguarda la funzione di secrezione interna della glandula surrenale.

Premetterò anzitutto alcune notizie sulla tecnica sperimentale da me seguita.

Digitized by Google

Il numero delle esperienze che ho compiute oltrepassa il cinquecento. Gli animali da esperimento usati furono la *Rana esculenta* ed il *Bufo vulgaris* fra gli eterotermi, la *cavia* ed il *coniglio* fra gli omotermi.

La rana ed il rospo venivano fissati su apposita tavoletta di legno che, a sua volta, si fissava al miografo. Per ottenere la immobilità dell'animale, nel più dei casi, veniva sezionata, nella sua parte cervicale, la midolla spinale, che era poi totalmente distrutta per mezzo di un ago introdotto nel canale vertebrale. Qualche esperienza fu però eseguita anche su animale integro. Il gastrocnemio veniva tagliato al tendine e collegato alla leva del miografo mediante un filo di seta. Lo sciatico era isolato con massima cura, in modo da recargli il minor trauma possibile e con la cautela costante di non ledere l'arteria. Lo stimolo veniva condotto allo sciatico mediante due sottili elettrodi di platino fissati alla tavoletta e ricoperti in tutto il loro decorso da paraffina, eccetto che nel punto ove avveniva il contatto col nervo. La posizione della rana e del rospo, così preparati e rispetto al miografo, fu sempre quella verticale.

Ho compiuta anche una serie di ricerche sul sartorio e sul gastrocnemio della rana staccati dall'organismo. Della tecnica, seguita in queste esperienze speciali, dirò, insieme con i risultati ottenuti, nel capitolo ad esse dedicato.

Al coniglio ed alla cavia, fissati su un piccolo ed usuale apparecchio di contenzione, veniva pure scoperto e tagliato il tendine del gastrocnemio, che si collegava con un filo di seta con la leva del miografo. Se non che, essendo orizzontale la posizione dell' animale, il filo di seta per raggiungere la leva, piegava ad angolo passando su una piccola e sensibilissima puleggia fissata ad un supporto. Anche in questi animali lo sciatico veniva isolato con la massima cautela alla sua uscita dal forame ischiatico, non solo senza lesione dell'arteria, ma ben anco badando a produrre quasi punta emorragia muscolare. Lo stimolo veniva condotto al nervo mediante due elettrodi di platino protetti da ebanite. Per maggiore chiarezza descriverò le altre modalità di queste esperienze sugli omotermi nei singoli capitoli speciali.

Digitized by Google

Il principio attivo capsulare, che ho usato nelle mie esperienze, fu costantemente quello preparato dall'Istituto Sieroterapico di Milano diretto dal prof. Serafino Belfanti, * che lo indica col nome di *emostasina*. Di emostasina me ne furono inviate due qualità: una più pura ed una greggia. Nelle mie ricerche ho usate ambedue queste specie della sostanza, e noto qui per incidenza che con ambedue ho ottenuto i medesimi risultati, se non che la emostasina greggia esercita in genere più sollecitamente e con maggiore intensità la sua azione sul muscolo. Questa differenza d'azione non è certo facile a spiegarsi, a meno di ammettere sia dovuta alla presenza ed alla cooperazione di qualche altra sostanza che, nelle successive purificazioni, viene eliminata.

Avverto qui che non adopererò il nome di *emostasina*, poichè esso designa precisamente una sola fra le proprietà del principio. Preferisco usare il termine di *miostenina*, che meglio corrisponde ai risultati da me ottenuti.

Per eccitare il muscolo, ho sempre usato lo stimolo elettrico dato dall'elettromagnete di Magnus Blix, raggiungendo così lo scopo di impiegare sempre uno stimolo di intensità costante. La descrizione che l'inventore stesso ha fatto del suo apparecchio (26), mi dispensa da qualunque parola in proposito. Giova solo aggiungere che in ogni ricerca ho impiegato lo stimolo massimo, cioè quello stimolo che provocava il massimo accorciamento del muscolo. Lo stimolo veniva trasmesso al muscolo ad intervalli rigorosamente eguali di 2″ ciascuno. Io stesso, ascoltando il ritmo di un metronomo Mälzel o guardando le oscillazioni del pendolo dell'orologio interruttore del Ludwig, facevo scattare il nucleo di ferro dolce dell'elettro-magnete.

Il miogramma — per gli eterotermi — veniva scritto col miografo isotonico del Gad (27), la leva del quale ha sempre ingrandito 3,6, e — per gli omotermi — col miografo di Helmholtz-Pflüger che, a sua volta, raddoppiava l'altezza della curva. A questo proposito avverto sin

---

* Al prof. S. Belfanti debbo le più sentite grazie per avermi favorito quantità notevoli di questo preparato.

Digitized by Google

d'ora che, nelle esperienze descritte più innanzi, ho sempre calcolato l'accorciamento reale del muscolo.

La miostenina fu adoperata sciolta in soluzione di cloruro di sodio 0,9 % o in liquido di Ringer-Locke. Il titolo della soluzione variò a seconda delle esperienze, ma usai a preferenza soluzioni di titolo non debole. La via di introduzione fu, a seconda dei casi, quella del sacco dorsale e quella addominale negli eterotermi, quella addominale e quella venosa negli omotermi.

Per maggiore chiarezza e per riuscire ordinato, dividerò le diverse serie delle mie esperienze in due parti principali, riguardanti, l'una gli eterotermi, l'altra gli omotermi: ognuna di queste sarà poi divisa in capitoli distinti, a seconda dello scopo sperimentale di ogni serie.

ANIMALI ETEROTERMI

I. — Azione del principio attivo surrenale sulla fatica del gastrocnemio.

Le esperienze che riporto, fra le molte altre eseguite a tale scopo, dànno subito una dimostrazione evidente dei risultati ottenuti.

A. — Eterotermi estivi.

Esper. 4 — 16. VI. 1905 - Temp. amb. + 26° C.
Rana gr. 12. Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 24.
Peso sollevato gr. 4,4.

Ore 15,41′ principio ergogramma — accorc. del musc. mm. 2,7
15,50′ dopo 270 stimoli — id. 1,6
iniez. sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina 1 : 1000 = gr. 0,0005 di sostanza = = gr. 0,0000416 per gr. di rana.
16,2′ dopo 360 stimoli dall'iniezione — id. 0,5

sino a questo punto la curva continua a scemare: da ora in poi l'accorciamento muscolare riprende ad aumentare.

Digitized by Google

Ore 16,3′ dopo 390 stimoli dall' iniezione accorc. del musc. mm. 0,8
16.7′ id. 510 id. id. 0,9
16,16′ id. 780 id. id. 1,1
17,12′ id. 2460 id. ultimo stimolo id. 1,2

Esper. 5 — 18. VI. 1905 - Temp. amb. + 26° C.
Rana gr. 30. Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 23.
Peso sollevato gr. 4,4.

Ore 8,23′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 3,05
8,35′ dopo 360 stimoli id. 0,13
iniez. sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina
1 : 1000 = gr. 0,0005 di sostanza =
= gr. 0,000016 per gr. di rana.
8,37′,36″ dopo 78 stimoli dall' iniezione id. 0,1

sino a questo punto la curva continua a scemare : da ora in poi l'accorciamento muscolare riprende ad aumentare.

Ore 8,38′,28″ dopo 104 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 0,4
8,41′,56″ id. 208 id. id. 0,6
8,51′,28″ id. 494 id. id. 0,9
9,7′ id. 960 id. id. 0,8
9,11′,46″ id. 1103 id. id. 0,6

si ripete la iniezione di miostenina in dose eguale alla prima iniezione.

Ore 9,14′,22″ dopo 78 stimoli dalla 2ª iniezione accorc. del musc. mm. 0,5
9,16′,58″ id. 156 id. id. 0,5
9,19′,34″ id. 234 id. id. 0,5
9,24′ id. 390 id. id. 0,5
9,28′,20″ id. 520 id. id. 0,5
9,48′ id. 2190 stimoli dalla 1ª iniez. e
id. 1087 id. 2ª id. ult. stim. id. 0,4

Esper. 15 — 20. VI. 1905 - Temp. amb. + 26°,5 C.
Rana gr. 23. Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 30.
Peso sollevato gr. 4,4.

Ore 15,57′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 2,9
16,16′ dopo 570 stimoli id. 0,5
iniez. sacco dorsale ccm. 1 miostenina
1 : 2000 = gr. 0,0005 di sostanza =
= gr. 0,00002 per gr. di rana.
16,16′,48″ dopo 24 stimoli dall'iniezione id. 0,5

Digitized by Google

sino a questo punto la curva è alla stessa altezza che al momento dell'iniezione: da ora in poi l'accorciamento muscolare riprende ad aumentare.

Ore 16,16',54" dopo 27 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 0,8
16,17',40" id. 50 id. id. 2,05
16,40' id. 720 id. ultimo stimolo id. 1,5

Esper. 33 — 11. VII. 1905 - Temp. amb. + 27° C.
Rana gr. 42. Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 19.
Peso sollevato gr. 4,4.

Ore 10,27' principio ergogramma accorc. del musc. mm. 3,6
10,32' dopo 150 stimoli id. 2,9
iniez. addome ccm. 0,5 miostenina
1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza =
= gr. 0,000059 per gr. di rana.
10,36',16" dopo 128 stimoli dall'iniezione id. 1,3

sino a questo punto la curva continua a scemare: da ora in poi l'accorciamento muscolare riprende ad aumentare.

Ore 10,36',48" dopo 144 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 2,2
10,38' id. 180 id. ultimo stimolo id. 1,6

Esper. 40 — 13. VII. 1905 - Temp. amb. + 27°,4 C.
Rana gr. 38. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 25.
Peso sollevato gr. 4,4.

Ore 15,41' principio ergogramma accorc. del musc. mm. 4,4
15,56' dopo 450 stimoli id. 0,27
iniez. sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina
1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza =
= gr. 0,000065 per gr. di rana.
15,56'44" dopo 22 stimoli dall'iniezione id. 0,27

sino a questo punto la curva è alla stessa altezza che al momento dell'iniezione: da ora in poi l'accorciamento muscolare riprende ad aumentare.

Ore 15,56',58" dopo 28 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 0,8
15,58',30" id. 75 id. id. 3,05
16 id. 120 id. ultimo stimolo id. 2,6

Esper. 49 — 16. VII. 1905 - Temp. amb. + 27°,2 C.
Rana gr. 30. Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 25.
Peso sollevato gr. 4,4.

Digitized by Google

Ore 16,24′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 4,1
16,31′,30″ dopo 225 stimoli id. 0,55
iniez. sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina
1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza =
= gr. 0,000083 per gr. di rana.
16,33′,30″ dopo 60 stimoli dall'iniezione id. 0,027

sino a questo punto la curva continua a scemare: da ora in poi l'accorciamento muscolare riprende ad aumentare.

Ore 16,34′ dopo 75 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 0,55
16,34′,50″ id. 110 id. id. 2,3
16,37′ id. 175 id. ultimo stimolo id. 1,1

Esper. 2 — 16. VI. 1905 - Temp. amb. + 26° C.
Rana gr. 15. Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 28.
Peso sollevato gr. 2,2.

Ore 11,5′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 3,3
11,18′ dopo 390 stimoli id. 0
iniez. sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina
1 : 1000 = gr. 0,0005 di sostanza =
= gr. 0,000033 per gr. di rana.
11,20′ dopo 60 stimoli dall' iniezione id. 0
11,30′ id. 360 id. id. 0
11,40′ id. 660 id. ultimo stimolo id. 0

B. — **Eterotermi invernali.**

Esper. 121 — 13. XII. 1905 - Temp. amb. + 13° C.
Rana gr. 35. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 20.
Peso sollevato gr. 7,7.

Ore 10,22′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 3,6
10,38′ dopo 480 stimoli id. 0,6
iniez. addome ccm. 0,5 miostenina
1 : 500 = gr. 0,001 di sostanza =
= gr. 0,000028 per gr. di rana.
10,41′,12″ dopo 96 stimoli dall' iniezione id. 0,27
10,45′,26″ id. 223 id. id. 0,05
10,56′ id. 540 id. ultimo stimolo id. 0

Digitized by Google

Esper. 122 — 13. XII. 1905 - Temp. amb. + 13° C.

Rana gr. 20. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 20.

Peso sollevato gr. 4,4.

Ore 11,22′	principio ergogramma			accorc. del musc. mm.	2,7
11,38′	dopo 480 stimoli			id.	0,83
	iniez. addome ccm. 0,5 miostenina 1 : 500 = gr. 0,001 di sostanza = = gr. 0,00005 per gr. di rana.				
11,41′,12′	dopo 96 stimoli	dall' iniezione		id.	0,4
11,45′,26″	id. 223	id.		id.	0,2
11,49′,44″	id. 352	id.		id.	0,1
12	id. 660	id.	ultimo stimolo	id.	0,05

Esper. 1 — 1. III. 1907 - Temp. amb. + 12°,5 C.

Bufo vulgaris gr. 50. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 25.

Peso sollevato gr. 11.

Ore 9,22′	principio ergogramma			accorc. del musc. mm.	5,8
9,42′	dopo 600 stimoli			id.	1,2
	iniez. sacco dorsale ccm. 1 miostenina 1 : 200 = gr. 0,005 di sostanza = = gr. 0,00001 per gr. di rospo.				
9,52′	dopo 300 stimoli	dall' iniezione		id.	1,1
10,2′	id. 600	id.		id.	1,1
10,10′	id. 840	id.	ultimo stimolo	id.	1,1

Esper. 2 — 1. III. 1907 - Temp. amb. + 14° C.

Bufo vulgaris gr. 50. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 0.

Peso sollevato gr. 11.

Ore 14,52′	principio ergogramma			accorc. del musc. mm.	2,7
15,14′	dopo 660 stimoli			id.	0,4
	iniez. sacco dorsale ccm. 2 miostenina 1 : 200 = gr. 0,01 di sostanza = = gr. 0,0002 per gr. di rospo.				
15,19′	dopo 150 stimoli	dall' iniezione		id.	0,2
15,25′	id. 330	id.	ultimo stimolo	id.	0,1

Esper. 120 — 13. XII. 1905 - Temp. amb. + 13° C.

Rana gr. 35. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 23.

Peso sollevato gr. 7,7.

Digitized by Google

Ore 9,11′	principio ergogramma		accorc. del musc. mm.	5,1
9,30′	dopo 270 stimoli		id.	0,8
	iniez. addome ccm. 0,5 miostenina 1 : 500 = gr. 0,001 di sostanza = = gr. 0,000028 per gr. di rana.			
9,31′,36″	dopo 48 stimoli	dall' iniezione	id.	0,5
9,34′	id. 120	id.	id.	0,4
9,35′	id. 150	id.	id.	0,4

sino a questo punto la curva continua a scemare: da ora in poi l'accorciamento muscolare riprende ad aumentare.

Ore 9,36′	dopo 180 stimoli	dall' iniezione	accorc. del musc. mm.	0,5
9,37′	id. 210	id.	id.	0,6
9,38′	id. 240	id.	id.	0,9
9,46′	id. 480	id.	id.	1,6
10	id. 900	id. ultimo stimolo	id.	0,4

In tutte le esperienze compiute sugli eterotermi estivi, eccetto che nella esp. 2, la miostenina fu somministrata quando l'altezza delle singole scosse era, più o meno, ma evidentemente in diminuzione. Ed in tutti questi animali, dopo un certo tempo dalla iniezione di miostenina, durante il quale l'accorciamento del muscolo continuò gradatamente a perdere di valore, — tempo che va da un minimo di 54″ nella esp. 15 ad un massimo di 13′ nella esp. 4 —, la scossa cominciò a riaumentare per raggiungere un'altezza massima, dopo la quale diminuì gradualmente di nuovo, pur mantenendosi sempre di discreta entità, fino a quando l'esperienza fu interrotta — 4′ dall'iniezione nell'esp. 40, ore 1,13′ nell'esp. 5 —. Si noti poi che nella esp. 4, dopo ore 1,22′ dall'iniezione della miostenina, quando cioè l'esperienza fu interrotta, il muscolo presentava il massimo accorciamento ottenutosi per effetto della sostanza (mm.1,2).

In nessun caso l'aumento prodotto dalla miostenina riportò l'altezza della scossa al suo valore iniziale nell'ergogramma. Di più — esp. 5 — una seconda somministrazione della sostanza, quando già erasi verificato l'effetto di una prima iniezione, non determinò ulteriore aumento nella fase contrattoria del muscolo, ma mantenne per un tempo lunghissimo (ore 1,13′) il muscolo nelle stesse condizioni, per cui potè dare ancora 1087 scosse della stessa altezza. Per avere un'idea veramente precisa

Digitized by Google

del come avvengono le cose si può osservare la fig. 1 della Tav. I, che corrisponde alla esp. 5 testè descritta. In questa figura si vede, non soltanto l'azione di una prima iniezione di miostenina, ma anche la mancata azione di una seconda somministrazione. Nella fig. 4 della Tav. II, che rappresenta l'esp. 38, si ha un altro bellissimo esempio di un'azione ancor più marcata di questa sostanza iniettata in un periodo di molto maggiore stanchezza del muscolo.

Generalmente si notò che in quelle esperienze, — vedi esp. 2 riportata — nelle quali la miostenina fu iniettata in un periodo in cui il muscolo era ridotto o quasi alla impossibilità di accorciarsi, non si riscontrò effetto alcuno della sostanza, tanto che, dopo essermi convinto della costanza di questo fenomeno, mi decisi a dare sempre la miostenina in una fase di minore affaticamento. Su questi fenomeni ritornerò nel capitolo seguente.

Nel maggior numero degli eterotermi invernali la iniezione di miostenina non diede alcun effetto, come dicono le esp. 121, 122, 1 e 2, nelle quali la curva della fatica seguì il suo noto andamento sino ad esaurimento completo del muscolo. Ma in alcune altre esperienze — assai poche a dir vero —, ad es. nella esp. 120, l'iniezione ebbe il potere di rinvigorire la scossa come negli eterotermi estivi. Siccome però nella maggior parte delle esperienze fatte sugli eterotermi invernali la miostenina si era dimostrata inattiva, così ho voluto ricercare la ragione di questa inattività. Ed ho pensato perciò di mettere gli animali in una camera riscaldata ad una temperatura estiva e di fare le esperienze in queste condizioni. Il risultato fu costantemente una manifesta azione della sostanza surrenale, come se si trattasse di animali estivi. Ciò è documentato dalle due esperienze che seguono, e che furono scelte fra molte altre.

Esper. 8 — 6. III. 1907 - Temp. amb. + 23° C. artificiale.
Bufo vulgaris gr. 50. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 10.
Peso sollevato gr. 11.

Ore 14,24′	principio ergogramma	accorc. del musc. mm.	4,02
14,36′	dopo 360 stimoli	id.	0,9

iniezione sacco dorsale ccm. 2 miostenina 1 : 200 =
= gr. 0,01 di sostanza = gr. 0,0002 per gr. di rospo.

Digitized by Google

Ore 14,39′ dopo 90 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 0,1
sino a questo punto la curva continua a scemare: da ora in poi l'accorciamento muscolare riprende ad aumentare.

Ore 14,39′,10″	dopo 95 stimoli	dall'iniezione		accorc. del musc.	mm. 0,5
14,40′	id. 120	id.		id.	1,6
14,40′,30″	id. 135	id.		id.	2,2
15,6′	id. 780	id.	ultimo stimolo	id.	0,8

Esper. 123 A — 13. XII. 1907 - Temp. amb. + 24° C. artificiale.
Rana gr. 42. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 20.
Peso sollevato gr. 9,24.

Ore 14,32′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 4,4
14,42′ dopo 300 stimoli id. 0,13
iniez. addome ccm. 0,7 miostenina
1:500 = gr. 0,0014 di sostanza =
= gr. 0,00003 per gr. di rana.
14,43′ dopo 30 stimoli dall'iniezione id. 0,13
sino a questo punto la curva è alla stessa altezza che al momento dell'iniezione: da ora in poi l'accorciamento muscolare riprende ad aumentare.

Ore 14,43′,10″	dopo 35 stimoli	dall'iniezione		accorc. del musc.	mm. 0,4
14,45′	id. 90	id.		id.	0,83
14,48′	id. 180	id.	ultimo stimolo	id.	0,55

La fig. 2 della Tav. I non è che la riproduzione di una parte dell'ergogramma ottenuto da un rospo — esp. 8 — tenuto alla temperatura di 23° C.: in α si somministra la miostenina e l'effetto non potrebbe essere più evidente e più duraturo.

Dimostrato così, tanto sulle rane quanto sui rospi, che basta elevare la loro temperatura perchè l'effetto della miostenina si esplichi in tutta la sua evidenza, sorge naturale la domanda: quale sia la ragione per cui negli anfibi estivi od a temperatura artificialmente innalzata la miostenina agisce sempre, mentre negli invernali non agisce quasi mai. Già quei pochissimi casi nei quali, non ostante la temperatura bassa, si era avuta l'azione della sostanza, mi avevano fatto supporre che la mancanza dell'azione negli animali freddi potesse dipendere da una maggiore lentezza nell'assorbimento e negli scambi organici. Era pur facile pensare che il principio attivo surrenale venisse bensì assorbito, ma fosse

Digitized by Google

trasportato tanto lentamente al muscolo da giungervi, o nel periodo in cui l'azione della miostenina manca quasi sempre (vedi il già detto precedentemente), o modificato e reso inattivo per aver subito un lungo contatto col sangue ossigenato. Per risolvere la questione feci alcune esperienze speciali — fra esse sonvi le due che descrivo qui sotto — nelle quali affaticavo il gastrocnemio dell'eterotermo invernale sino a stanchezza molto evidente: arrestavo allora lo stimolo e somministravo la miostenina, e, dopo 15', riprendevo la stimolazione, a muscolo sempre stanco ma non esaurito, e potevo così vedere i soliti benefici effetti dell'iniezione. Ad ogni esperienza veniva fatto il controllo con altro animale, trattato precisamente come il primo, ma che non riceveva miostenina.

Esper. α — 8. III. 1907 - Temp. amb. + 12° C.

A — Rana gr. 40. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 10.
Peso sollevato gr. 8,8.

Ore 9,52'	principio ergogramma		accorc. del musc. mm.	3,05
10,1'	dopo 270 stimoli		id.	0,6
	arresto stimolazione, iniez. sacco dorsale ccm. 2 miostenina 1 : 200 = gr. 0,01 di sostanza = gr. 0,00025 per gr. di rana.			
10,16'	dopo 15' di riposo e dall'iniezione, ripresa della stimolazione		id.	1,9
11	dopo 44' dal riposo e dall'iniezione e dopo 1320 stimoli	ultimo stimolo	id.	1,2

B — Rana gr. 40. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 10.
Peso sollevato gr. 8,8.

Ore 11,20'	principio ergogramma		accorc. del musc. mm.	3,05
11,27'	dopo 210 stimoli		id.	0,5
	arresto stimolazione.			
11,42'	dopo 15' di riposo ripresa stimolazione		id.	1,2
11,43'	dopo 30 stimoli dal riposo		id.	0,9
11,44'	id. 60	id.	id.	0,8
11,46'	id. 120	id.	id.	0,5
11,53'	id. 330	id. ultimo stimolo	id.	0,13

Digitized by Google

Esper. β — 13. III. 1907 - Temp. amb. + 12° C.

A — Bufo vulgaris gr. 50. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 10. Peso sollevato gr. 11.

Ore 10,33′	principio ergogramma	accorc. del musc. mm.	3,6
10,42′	dopo 270 stimoli	id.	0,8
	arresto stimolazione, iniez. addome ccm. 2 miostenina 1 : 200 = gr. 0,01 di sostanza = gr. 0,0002 per gr. di rospo.		
Ore 10,57′	dopo 15′ di riposo e dall'iniezione, ripresa della stimolazione	accorc. del musc. mm.	2,7
10,58′	dopo 30 stimoli dal riposo e dall'iniezione	id.	3,05
11,10′	id. 390 id.	id.	1,2
11,42′	id. 1350 id. ultimo stimolo	id.	0,55

B — Bufo vulgaris gr. 50. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 10. Peso sollevato gr. 11.

Ore 14,32′	principio ergogramma	accorc. del musc. mm.	3,05
14,45′	dopo 390 stimoli	id.	0,6
	arresto stimolazione.		
15	dopo 15′ di riposo ripresa stimolazione	id.	0,6
15,2′	id. 60 stimoli dal riposo	id.	0,27
15,4′	id. 120 id. ultimo stimolo	id.	0,05

Delle due supposizioni fatte per spiegare la mancata azione negli eterotermi invernali, mi pare che la prima trovi in queste esperienze un appoggio, perchè ben difficilmente si potrebbe interpretare in altro modo il risultato di esse.

II. — Momento più opportuno, durante l'ergogramma, per la somministrazione del principio attivo surrenale.

Le ricerche di Dessy e Grandis (22) e le mie, già riferite nelle pagine precedenti, avevano dimostrato che, per l'efficacia del principio attivo surrenale sull'attività muscolare, non è indifferente il momento in cui viene somministrata la sostanza. Così, ad esempio, abbiamo veduto che, se la sostanza vien data in un periodo troppo inoltrato di affatica-

Digitized by Google

mento, si può avere un'azione nulla. Perciò ho creduto bene di ampliare queste ricerche per stabilire se fosse possibile l'esistenza o meno di un periodo della fatica, nel quale la miostenina esplichi il massimo della sua azione.

A. — **Azione della miostenina sul gastrocnemio di rana in riposo.**

In questa serie di ricerche volli vedere se l'azione della miostenina si verificava, e come, in un muscolo in completo riposo e se poteva protrarsi a lungo. A tale scopo scrivevo l'ergogramma di uno dei gastrocnemi sino a fatica manifesta: iniettavo allora la miostenina, continuando ad eccitare il muscolo finchè gli effetti fossero evidenti. Cessavo in tal momento la stimolazione, preparavo subito l'altro gastrocnemio, che era rimasto in riposo, col suo nervo e ne scrivevo l'ergogramma, che potevo così confrontare col precedente. Finalmente stimolavo di nuovo il primo gastrocnemio per studiarne nuovamente la scossa dopo un periodo più o meno lungo di riposo.

In questa serie di ricerche ho sempre pesato, ad esperienza finita, i due gastrocnemi, per poter eventualmente escludere che una differenza nell'ergogramma dipendesse dal numero delle fibre dei due muscoli. Ho sempre trovato il destro più pesante. Del resto, questa possibile causa d'incertezza era eliminata dal fatto, che in alcune esperienze si cominciava dal gastrocnemio destro ed in altre dal gastrocnemio sinistro.

Evidentemente in queste esperienze il primo ergogramma, ad esempio quello del gastrocnemio destro, che viene ottenuto dal muscolo avanti l'azione della miostenina, servirà di riscontro al secondo (del gastrocnemio sinistro), ottenuto durante l'azione della sostanza.

Esper. 36 — 12. VII. 1905 - Temp. amb. + 27° C.
Rana gr. 37. Nucleo elettro-magnete a mm. 29.
Peso sollevato gr. 4,4.
Gastrocnemio sinistro.

Ore 9,1′	principio ergogramma	accorc. del musc. mm.	4,7
9,15′	dopo 420 stimoli	id.	0,1

iniezione sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 =
= gr. 0,0025 di sostanza = gr. 0,00006 per gr. di rana.

Digitized by Google

Ore 9,23',50" dopo 265 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 0
sino a questo punto la curva continua a scemare : da ora in poi l'accorciamento muscolare riprende ad aumentare.

Ore 9,24' dopo 270 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 0,27
9,30' id. 450 id. id. 1,5
9,48' id. 990 id. ultimo stimolo id. 0,5

Gastrocnemio destro.

Ore 10,1' principio ergogramma dopo 46'
dall'iniezione di miostenina accorc. del musc. mm. 4.4
10,21' dopo 600 stimoli ultimo stimolo id. 1,6

Esper. 38 — 13. VIII. 1905 - Temp. amb. + 27° C.
Rana gr. 43. Nucleo elettro-magnete a mm. 29.
Peso sollevato gr. 4,4.

Gastrocnemio sinistro.

Ore 9,30' principio ergogramma accorc. del musc. mm. 4,4
9,47' dopo 510 stimoli id. 0,02
iniez. sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina
1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza =
= gr. 0,000058 per gr. di rana.
9,48',40" dopo 50 stimoli dall'iniezione id. 0,02
sino a questo punto la curva è alla stessa altezza che al momento dell'iniezione : da ora in poi l'accorciamento muscolare riprende ad aumentare.

Ore 9,49' dopo 60 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 0,5
9,55' id. 240 id. id. 2,7
9,57' id. 300 id. ultimo stimolo id. 2,2

Gastrocnemio destro.

Ore 10,14' principio ergogramma dopo 27'
dall'iniezione di miostenina accorc. del musc. mm. 3,6
10,34' dopo 600 stimoli ultimo stimolo id. 3,3

Gastrocnemio sinistro.

Ore 10,43' ripresa ergogramma dopo 46' di riposo
e dopo 56' dall'iniezione di miostenina accorc. del musc. mm. 4,1
11 dopo 510 stimoli ultimo stimolo id. 2,5

Esper. 41 — 14. VII. 1905 - Temp. amb. + 27° C.
Rana gr. 33. Nucleo elettro-magnete a mm. 18.
Peso sollevato gr. 4,4.

Digitized by Google

Gastrocnemio destro.

Ore 8,54′ principio ergogramma — accorc. del musc. mm. 4,1
9,6′ dopo 360 stimoli — id. 0,1
iniez. sacco dorsale ccm. 1 miostenina
1 : 200 = gr. 0,005 di sostanza =
= gr. 0,00015 per gr. di rana.
9,9′,50″ dopo 115 stimoli dall'iniezione — id. 0,02
9,10′ id. 120 id. — id. 0,27
9,11′ id. 150 id. ultimo stimolo — id. 0,4

Gastrocnemio sinistro.

Ore 9,36′ principio ergogramma dopo 30′
dall'iniezione di miostenina — accorc. del musc. mm. 3,3
9,56′ dopo 600 stimoli ultimo stimolo — id. 2,5

Gastrocnemio destro.

Ore 10,5′ ripresa ergogramma dopo 51′ di riposo
e dopo 59′ dall'iniezione di miostenina — accorc. del musc. mm. 3,7
10,15′ dopo 300 stimoli ultimo stimolo — id. 1,9

Queste esperienze dimostrano che la miostenina, data quando uno dei gastrocnemi era parzialmente esaurito, ha provocato una nuova ed assai valida ripresa di vigore da parte del muscolo, senza raggiungere però, come fu costantemente osservato anche nelle altre ricerche, quella primitiva. La fig. 4 della Tav. II — esper. 38 — è uno degli esempi più evidenti e più belli di quest'azione della miostenina.

In ogni esperienza poi, stimolando l'altro gastrocnemio — dopo un periodo di tempo variabile dalla iniezione di miostenina fra 27′ (esp. 38) e 46′ (esp. 36) — le scosse sono poco meno alte di quelle del muscolo prima stimolato. Non solo, ma, come ad es. si avverte nella esp. 38, dopo 20′ di lavoro, ossia dopo 600 stimoli, l'altezza delle scosse non tende a scemare che leggermente, come se si fosse al cosiddetto *periodo di lavoro costante* del Treves, e come si vede nella fig. 5 della Tav. II, la quale, paragonata con quella parte della figura precedente, che fu ottenuta prima dell'iniezione di miostenina, dimostra che il lavoro compiuto e la resistenza del muscolo alla fatica, sono senza paragone più grandi dopo l'azione della miostenina.

Digitized by Google

Stimolando infine di nuovo il primo gastrocnemio, si ha un ergogramma un po' meno alto di quello normale, ma che, anche dopo nuovo lavoro prolungato, è ancora assai alto e non presenta tendenza ad ulteriore abbassamento, come risulta dalla fig. 6 della Tav. II.

B. — Azione della miostenina sul gastrocnemio di rana in vari periodi della fatica (ergogramma).

Per questo studio ho eseguita una lunga serie di esperienze, che può essere divisa in due parti. Nella prima iniettavo la miostenina durante l'ergogramma continuato e dopo vario numero di scosse dal suo inizio. Nella seconda, eccitavo il muscolo periodicamente con gruppi di 30 stimoli, cosicchè il periodo di eccitamento durava 1', poichè il ritmo degli stimoli era di 2''. I periodi di stimolazione erano separati da un intervallo di riposo, che, a seconda delle varie esperienze, variava fra i 30'' ed i 60''. Or bene, la miostenina veniva iniettata alla fine del primo periodo in una rana, in un'altra alla fine del secondo, e così di seguito fino a quei periodi nei quali il muscolo, non ostante l'intervallo di riposo, mostrava più o meno marcatamente di essere affaticato.

1. — *Ergogrammi continui.* *

Esper. 44 — 14. VII. 1905 - Temp. amb. + 27°,2 C.
Rana gr. 32. Gastrocn. des. Nucleo elettro-magnete a mm. 22.
Peso sollevato gr. 4,4.

Ore 17,44'	principio ergogramma	accorc. del musc. mm. 5,5
17,44',20''	dopo 10 stimoli	id. 5,5
	iniez. addome ccm. 0,5 miostenina 1:200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,000078 per gr. di rana.	

* Mi limito a riferire le esperienze di questa serie, nelle quali la iniezione di miostenina fu fatta all'inizio dell'ergogramma, cioè quando il muscolo non era punto affaticato. La iniezione fatta più tardi, a muscolo più o meno stanco, rientra, per i suoi effetti, nella categoria di esperienze già riferite.

Digitized by Google

Ore 17,45′,28″	dopo 34	stimoli	dall'iniezione		accorc. del musc. del mm.	5,2
17,46′,36″	id. 68		id.		id.	5
17,48′,52″	id. 196		id.		id.	3,6
17,53′,24″	id. 274		id.		id.	2,6
18,8′,42″	id. 731		id.		id.	0,5
18,15″	id. 927		id.	ultimo stimolo	id.	0,41

Esper. 47 — 15. VII. 1905 - Temp. amb. + 26°,3 C.

Rana gr. 25. Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 18.

Peso sollevato gr. 4,4.

Ore 8,43′	principio ergogramma				accorc. del musc. mm.	4,4
8,43′,20″	dopo 10 stimoli				id.	4
	iniez. addome ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,0001 per gr. di rana.					
8,44′,28″	dopo 34	stimoli	dall' iniezione		id.	3,7
8,45′,36″	id. 68		id.		id.	3,7
8,47′,52″	id. 136		id.		id.	2,5
8,52′,24″	id. 272		id.		id.	1,3
9,4′	id. 630		id.	ultimo stimolo	id.	1,3

2. — *Ergogrammi interrotti da periodi costanti di riposo.*

In queste esperienze — come del resto in molte altre delle varie serie — cercai, per quanto era possibile, che il piccolo peso sollevato da ogni muscolo fosse approssimativamente proporzionale al numero delle fibre. Per avere un punto di partenza mi basai sul peso della rana pensando che si possa, con una certa approssimazione ritenere che, in un dato muscolo, il numero delle fibre sia in rapporto con il peso dell'animale. Fondandomi su questa supposizione, alla quale non voglio attribuire che un valore molto relativo, attaccai all' uncinetto della leva isotonica, presso il fulcro, un peso eguale al peso della rana. Fatte le debite proporzioni, il peso effettivamente sollevato era poco più di $^1/_5$ di quello sospeso all'uncinetto.

Esper. 76 — 17. VIII. 1905 - Temp. amb. + 27° C.

Rana gr. 17. Gastrocn. des. Periodi di 30 stimoli ciascuno.

Intervalli di riposo di 30″ ciascuno. Nucleo elettro-magnete a mm. 23.

Peso sollevato gr. 3,74.

Digitized by Google

Ore 15,42′	principio ergogramma				accorc. del musc. mm.	4,7
15,43′	dopo 30 stimoli				id.	3,8
	iniez. addome ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,000147 per gr. di rana.					
	dopo 30″ di riposo				id.	3,8
15,44′,30″	id. 30	stimoli	dall'iniezione		id.	3,6
15,46′	id. 60		id.		id.	3,6
15,47′,30″	id. 90		id.		id.	3,6
15,49′	id. 120		id.		id.	3,05
15,50′,30″	id. 150		id.		id.	2,6
15,52′	id. 180		id.		id.	1,9
15,53′,30″	id. 210		id.		id.	1,1
15,55′	id. 240		id.		id.	0,8
15,56′,30″	id. 270		id.		id.	0,5
15,58′	id. 300		id.		id.	0,4
16,7′	id. 480		id.	ultimo stimolo	id.	0,01

Esper. 70 — 15. VIII. 1906 - Temp. amb. + 27°,2 C.

Rana gr. 30. Gastrocn. des. Periodi di 30 stimoli ciascuno. Intervalli di riposo di 60″ ciascuno. Nucleo elettro-magnete a mm. 26. Peso sollevato gr. 6,6.

Ore 10,9′	principio ergogramma				accorc. del musc. mm.	4,5
10,12′	dopo 60 stimoli				id.	3,8
	iniezione addome ccm. 1 miostenina 1 : 200 = gr. 0,005 di sostanza = = gr. 0,00016 per gr. di rana.					
10,14′	dopo 30	stimoli	dall'iniezione		id.	3,8
10,16′	id. 60		id.		id.	3,6
10,18′	id. 90		id.		id.	3,6
10,20′	id. 120		id.		id.	3,6
10,22′	id. 150		id.		id.	3,4
10,24′	id. 180		id.		id.	3,05
10,26′	id. 210		id.		id.	2,7
10,28′	id. 240		id.		id.	2,7
10,30′	id. 270		id.		id.	2,5
10,32′	id. 300		id.		id.	2,2
10,34′	id. 330		id.		id.	2,08
10,36′	id. 360		id.		id.	1,8

Digitized by Google

Ore 10,38′	dopo 390	stimoli	dall'iniezione		accorc. del musc. mm.	1,6
10,40′	id. 420		id.		id.	1,5
10,42′	id. 450		id.		id.	1,3
10,44′	id. 480		id.	ultimo stimolo	id.	1,2

Esper. 71 — 16. VIII. 1905 - Temp. amb. + 27° C.

Rana gr. 22. Gastrocn. des. Periodi di 30 stimoli ciascuno.
Intervalli di riposo di 60″ ciascuno. Nucleo elettro-magnete a mm. 27.
Peso sollevato gr. 4,8.

Ore 9,3′	principio ergogramma				accorc. del musc. mm.	4,4
9,8′	dopo 90 stimoli				id.	3,4
	iniez. addome ccm. 1 miostenina					
	1 : 200 = gr. 0,005 di sostanza =					
	= gr. 0,00022 per gr. di rana.					
9,10′	dopo 30	stimoli	dall'iniezione		id.	3,05
9,12′	id. 60		id.		id.	2,2
9,14′	id. 90		id.		id.	1,9
9,16′	id. 120		id.		id.	1,9
9,18′	id. 150		id.		id.	1,9
9,20′	id. 180		id.		id.	1,8
9,22′	id. 210		id.		id.	1,6
9,24′	id. 240		id.		id.	1,6
9,26′	id. 270		id.		id.	1,3
9,28′	id. 300		id.		id.	1,2
9,30′	id. 330		id.		id.	1,1
9,32′	id. 360		id.		id.	0,9
9,34′	id. 390		id.	ultimo stimolo	id.	0,8

Esper. 81 — 18. VIII. 1905 - Temp. amb. + 28° C.

Rana gr. 34. Gastrocn. sin. Periodi di 30 stimoli ciascuno.
Intervalli di riposo di 30″ ciascuno. Nucleo elettro-magnete a mm. 23.
Peso sollevato gr. 7,4.

Ore 15,51′	principio ergogramma				accorc. del musc. mm.	5,5
15,59′,30″	dopo 180	stimoli			id.	3,3
	iniez. addome ccm. 0,5 miostenina					
	1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza =					
	= gr. 0,000073 per gr. di rana.					
16,1′	dopo 30	stimoli	dall'iniezione		id.	2.6
16,2′,30″	id. 60		id.		id.	2,05

Digitized by Google

Ore 16,4′	dopo	90	stimoli	dall'iniezione	accorc. del musc. mm.	1,9
16,5′,30″	id.	120		id.	id.	1,3
16,7′	id.	150		id.	id.	1,1
16,8′,30″	id.	180		id.	id.	1,1
16,10′	id.	210		id.	id.	1,1
16,11′,30″	id.	240		id.	id.	1,1
16,13′	id.	270		id.	id.	1,1
16,14′,30″	id.	300		id.	id.	1,1

sino a questo punto la curva si mantiene ad un'altezza piccola ma costante: d'ora in poi tende leggermente ad aumentare.

16,16′	dopo	330	stimoli	dall'iniezione	accorc. del musc. mm.	1,3
16,17′,30″	id.	360		id. ultimo stimolo	id.	1,3

Esper. 83 — 18. VIII. 1905 - Temp. amb. + 28° C.

Rana gr. 16. Gastrocn. des. Periodi di 30 stimoli ciascuno.
Intervalli di riposo di 30″ ciascuno. Nucleo elettro-magnete a mm. 23.
Peso sollevato gr. 3,52.

Ore 17,47′	principio ergogramma				accorc. del musc. mm.	4,3
17,58′,30″	dopo 240 stimoli				id.	0,01
	iniez. addome ccm. 0,5 miostenina					
	1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza =					
	= gr. 0,00015 per gr. di rana.					

la curva segna subito un aumento in altezza.

18	dopo	30	stimoli	dall'iniezione	id.	0,2
18,1′,30″	id.	60		id.	id.	0,2
18,3′	id.	90		id.	id.	0,2
18,4′,30″	id.	120		id.	id.	0,2
18,6′	id.	150		id.	id.	0,4
18,7′,30″	id.	180		id.	id.	0,4
18,9′	id.	210		id.	id.	0,4
18,10′,30″	id.	240		id.	id.	0,5
18,12′	id.	270		id.	id.	0,5
18,13′,30″	id.	300		id.	id.	0,5
18,15′	id.	330		id.	id.	0,5
18,16′,30″	id.	360		id. ultimo stimolo	id.	0,6

Queste ricerche dimostrano che la miostenina, somministrata mentre il gastrocnemio è all'inizio del suo lavoro, cioè quando ha compiuto solo le prime scosse, non aumenta l'altezza della scossa, ma lo rende

Digitized by Google

atto a dare per assai più lungo tempo scosse della stessa altezza. Invece, se l'iniezione viene fatta quando il gastrocnemio è molto affaticato e quando gli accorciamenti sono ridotti al minimo, allora il muscolo riceve nuovo vigore, l'altezza delle scosse aumenta, e così pure cresce il lavoro compiuto, sempre però senza raggiungere i valori iniziali. Il che corrisponde a quanto fu già visto in antecedenza.

III. — Azione della miostenina commista a sangue di omotermi e ad acqua ossigenata sulla fatica del gastrocnemio di rana.

È noto come il principio attivo surrenale, introdotto nell'organismo animale, perda rapidamente la sua azione per un processo probabilmente di ossidazione. Per farmi un concetto personale intorno a questo modo di comportarsi della miostenina, volli vedere se e come venisse modificata la sua azione sui muscoli da un contatto più o meno prolungato col sangue o con l'acqua ossigenata. A questa ricerca fui anche spinto dall'idea che, fin'ora, la cessazione dell'azione del principio attivo di capsule soprarenali pel suo soggiorno nell'organismo, fu studiata quasi soltanto relativamente agli effetti sul circolo, mentre, per ciò che riguarda i muscoli, il campo è ancora inesplorato.

In ognuna di queste esperienze si faceva il riscontro con altra rana, alla quale veniva iniettata egual dose di miostenina addizionata con soluzione 0,9 % di cloruro di sodio.

A. — **Miostenina e sangue arterioso di cane e di coniglio**

Esper. 93 — 22. VIII. 1905 - Temp. amb. + 28° C.

D — Rana gr. 25. Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 24.
Peso sollevato gr. 11.

Ore 10,43′	principio ergogramma	accorc. del musc. mm.	4,7
10,48′,50″	dopo 175 stimoli	id.	0,4
	iniez. addome ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,0001 per gr. di rana, addiz. per 1′ con ccm. 0,5 sangue arterioso defibrinato di cane appena estratto.		

Digitized by Google

Ore 10,50′ dopo 35 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 0,05
11 id. 335 id. ultimo stimolo id. 0

E — Rana gr. 20, Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 24.
Peso sollevato gr. 11.

Ore 11,11′,15″ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 3,3
11,17′,55″ dopo 200 stimoli id. 0,05
iniez. addome ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,000125 per gr. di rana, addiz. per 1′ con ccm. 0,5 sangue arterioso defibrinato di cane appena estratto.
11,20′ dopo 63 stimoli dall'iniezione id. 0
11,30′ id. 363 id. ultimo stimolo id. 0

Esper. 87 — 21. VIII. 1905 - Temp. amb. + 27° C.

A — Rana gr. 18. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 21.
Peso sollevato gr. 11.

Ore 8,57′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 4,7
9,7′,15″ dopo 307 stimoli id. 0,22
iniez. addome ccm. 0,4 miostenina 1 : 200 = gr. 0,002 di sostanza = = gr. 0,00011 per gr. di rana.
9,10′ dopo 82 stimoli dall'iniezione id. 0,4
9,15′ id. 232 id. ultimo stimolo id. 0,27

B — Rana gr. 23. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 28.
Peso sollevato gr. 11.

Ore 9,32′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 4,7
9,39′ dopo 210 stimoli id. 0,13
iniez. addome ccm. 0,4 miostenina 1 : 200 = gr. 0,002 di sostanza = = gr. 0,000086 per gr. di rana, addizionati per 1′ con ccm. 0,6 sangue arterioso di coniglio appena estratto.
9,41′ dopo 60 stimoli dall'iniezione id. 0
9,50′ id. 330 id. ultimo stimolo id. 0

Esper. 92 — 22. VIII. 1905 - Temp. amb. + 27° C.

A — Rana gr. 17. Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 24.
Peso sollevato gr. 11.

Digitized by Google

Ore 8,55′ principio ergogramma — accorc. del musc. mm. 3,7
9,15″ dopo 157 stimoli — id. 0,27
iniez. addome ccm. 0,4 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,00014 per gr. di rana, addiz. per 15″ con ccm. 0,6 Na Cl 0,9 %.
9,4′ dopo 112 stimoli dall'iniezione — id. 0,8
9,5′ id. 142 id. ultimo stimolo — id. 0,27

B — Rana gr. 25. Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 24.
Peso sollevato gr. 11.

Ore 9,42′ principio ergogramma — accorc. del musc. mm. 3,8
9,51′,25″ dopo 282 stimoli — id. 0,22
iniez. addome ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,0001 per gr. di rana, addiz. per 30″ con ccm. 0,5 sangue arterioso defibrinato di cane appena estratto.
9,52′,25″ dopo 30 stimoli dall'iniezione — id. 0,027
9,54′,25″ id. 90 id. ultimo stimolo — id. 0,27

C — Rana gr. 23. Gastrocn. sin. Nucleo elettro-magnete a mm. 24.
Peso sollevato gr. 11.

Ore 10,7′ principio ergogramma — accorc. del musc. mm. 4,1
10,14′ dopo 210 stimoli — id. 0,27
iniez. addome ccm. 0,5 miostenina = = gr. 0,0025 di sostanza = gr. 0,0001 per gr. di rana, addizionati per 1′ con ccm. 0,5 sangue arterioso defibrinato di cane appena estratto.
10,16′ dopo 60 stimoli dall'iniezione — id. 0,027
10,22′ id. 240 id. ultimo stimolo — id. 0

Esper. 89 — 21. VIII. 1905 - Temp. amb. + 27° C.

A — Rana gr. 20. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 15.
Peso sollevato gr. 6,6.

Ore 15,11′ principio ergogramma — accorc. del musc. mm. 4,1
15,19′ dopo 240 stimoli — id. 0,41
iniez. addome ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = gr. 0,000125 per gr. di rana, addizionati per 19′ con ccm. 0,5 Na Cl 0,9 %.

Digitized by Google

Ore 15,22′ dopo 90 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 0,69
15,24′ id. 150 id. ultimo stimolo id. 0,55

B — Rana gr. 18. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 17. Peso sollevato gr. 6,6.

Ore 15,36′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 4,4
15,44′,10″ dopo 245 stimoli id. 0,41
iniez. addome ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,000138 per gr. di rana, addizionati per 17′,10″ con ccm. 0,5 sangue arterioso defibrinato di coniglio estratto da ore 7.
15,46′ dopo 55 stimoli dall'iniezione id. 0,69
15,48′ id. 115 id. id. 1,1
15,50′ id. 175 id. ultimo stimolo id. 0,55

B. — **Miostenina e sangue venoso di cane e di coniglio.**

Esper. 176 — 24. I. 1906 - Temp. amb. + 22° C.
Rana gr. 25. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 25. Peso sollevato gr. 5,5.

Ore 15,59′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 2,5
16,6′ dopo 210 stimoli id. 0,5
iniez. sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,0001 per gr. di rana addizionati per 15′ con ccm. 0,5 sangue venoso defibrinato di cane appena estratto.
16,14′ dopo 240 stimoli dall'iniezione id. 0,6
16,16′ id. 300 id. id. 1,1
16,17′ id. 330 id. ultimo stimolo id. 1,1

Esper. 174 — 19. I. 1906 - Temp. amb. + 22° C.
Rana gr. 27. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 17. Peso sollevato gr. 5,94.

Ore 15,56′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 3,3
16,7′ dopo 330 stimoli id. 0,55
iniez. sacco dorsale ccm. 0,8 miostenina 1 : 200 = gr. 0,004 di sostanza = gr. 0,00014 per gr. di rana, addizionati per 12′ con ccm. 0,2 sangue venoso defibrinato di coniglio estratto da ore 6.

Digitized by Google

Ore 16,11′ dopo 120 stimoli accorc. del musc. mm. 0,8
16,17′ id. 300 id. ultimo stimolo id. 1,3

Esper. 175 — 22. I. 1906 - Temp. amb. + 20° C.

D — Rana gr. 30. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 20. Peso sollevato gr. 6,6.

Ore 14,57′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 3,7
15,6′ dopo 270 stimoli id. 0,55
iniez. sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,00008 per gr. di rana, addizionati per 15′ con sangue venoso defibrinato di cane estratto da ore 75.
15,8′ dopo 60 stimoli dall'iniezione id. 0,16
15,14′ id. 240 id. ultimo stimolo id. 0,55

F — Rana gr. 25. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 21. Peso sollevato gr. 5,5.

Ore 17,17′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 2,7
17,28′ dopo 330 stimoli id. 0,44
iniez. sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 = gr. 0,0001 per gr. di rana, addizionati per 16′ con ccm. 0,5 sangue venoso defibrinato di cane estratto da ore 77.
17,32′ dopo 120 stimoli dall'iniezione id. 0,97
17,33′ id. 150 id. ultimo stimolo id. 0,8

C. — Miostenina con sangue di cane e di coniglio diventato venoso fuori dell'organismo e con sangue riarterializzato.

Esper. 123 — 13. XII. 1905 - Temp. amb. + 25° C.

D — Rana gr. 40. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 18. Peso sollevato gr. 8,8.

Ore 17,10′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 3,8
17,20′ dopo 300 stimoli id. 0,27
iniez. addome ccm. 0,7 miostenina 1 : 500 = gr. 0,0014 di sostanza = gr. 0,000035 per gr. di rana, addizionati per 10′ con ccm. 0,3 sangue arterioso defibrinato di coniglio estratto da giorni 7 divenuto fortemente venoso.

Digitized by Google

Ore 17,22′ dopo 60 stimoli dall'iniezione accorc. del musc. mm. 0,5
17,23′ id. 90 id. id. 0,83
17,26′ id. 180 id. ultimo stimolo id. 0,69

E — Rana gr. 22. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 20
Peso sollevato gr. 4,8.

Ore 17,50′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 3,4
18,4′ dopo 420 stimoli id. 0,83
iniez. addome ccm. 0,7 miostenina 1 : 500 = gr. 0,0014 di sostanza = = gr. 0,000063 per gr. di rana, addizionati per 14′ con ccm. 0,3 sangue arterioso defibrinato di coniglio estratto da giorni 7, divenuto fortemente venoso e ridivenuto arterioso mediante sbattimento all'aria.
18,6′ dopo 60 stimoli dall'iniezione id. 1,1
18,14′ id. 300 id. ultimo stimolo id. 0,83

Esper. 143 — 5. I. 1906 - Temp. amb. + 20° C.
Rana gr. 17. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 20.
Peso sollevato gr. 3,7.

Ore 17,31′ principio ergogramma accorc. del musc. mm. 2,5
17,44′ dopo 390 stimoli id. 0,41
iniez. addome ccm. 0,6 miostenina 1 : 200 = gr. 0,003 di sostanza = = gr. 0,00017 per gr. di rana, addizionati per 13′ con ccm. 0,4 sangue venoso defibrinato ed arterializzato mediante sbattimento all'aria.
17,45′ dopo 30 stimoli dall'iniezione id. 0,27
17,47′ id. 90 id. id. 0,55
17,50′ id. 180 id. ultimo stimolo id. 0,27

Esper. 175 — 22. I. 1906 - Temp. amb. + 20° C.

H — Rana gr. 25. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 25.
Peso sollevato gr. 5,5.

Digitized by Google

Ore 18,32′	principio ergogramma	accorc. del musc. mm.	3,05
18,43′	dopo 330 stimoli	id.	0,41
	iniez. sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,0001 per gr. di rana, addizionati per 15′ con ccm. 0,5 sangue venoso defibrinato di cane estratto da ore 78 ed arterializzato mediante sbattimento in presenza di ossigeno puro.		
18,45′	dopo 60 stimoli dall' iniezione	id.	0,16
18,54′	id. 270 id. ultimo stimolo	id.	1

D. — **Miostenina ed acqua ossigenata.** *

Esper. 178 — 26. I. 1906 - Temp. amb. + 22° C.
Rana gr. 35. Gastrocn. destro. Nucleo elettro-magnete a mm. 19.
Peso sollevato gr. 7,7.

Ore 10,21′	principio ergogramma	accorc. del musc. mm.	3,6
10,31′	dopo 300 stimoli	id.	0,8
	iniez. sacco dorsale ccm. 0,5 miostenina 1 : 200 = gr. 0,0025 di sostanza = = gr. 0,00007 per gr. di rana, addizionati per 4′ con ccm. 0,5 $H_2 O_2$.		
10,33′	dopo 60 stimoli dall' iniezione	id.	0,4
10,37′	id. 180 id.	id.	0,19
10,40′	id. 270 id.	id.	0,1
10,43′	id. 360 id. ultimo stimolo	id.	0,05

Risulta evidente dunque che l'azione ristoratrice, già dimostrata come propria della miostenina sul muscolo affaticato, viene inibita dal contatto della sostanza con sangue arterioso di cane e di coniglio appena estratto, qualora il contatto duri almeno 1′. Un contatto di minore durata, per es. di 30″, permette al principio surrenale di manifestare

---

* Al primo contatto fra soluzione di miostenina ed $H_2 O_2$ ho sempre verificato un pronto ed abbondante sviluppo di O, come si ha per gli enzimi.

Digitized by Google

ancora qualche azione benefica sul muscolo stanco. La miostenina poi conserva la sua proprietà caratteristica quando il sangue arterioso sia estratto già da qualche tempo — ore 7, esp. 89 B — anche se il contatto è di durata non breve — 17',10", esp. 89 B —. Parimenti la miostenina si mantiene attiva dopo contatto anche non breve — sino a 16' — con sangue venoso, sia questo appena estratto, sia esso estratto da tempo più o meno lungo. Eguale risultato si ha mescolando la miostenina con sangue arterioso divenuto venoso. Ed è degno di menzione il fatto, non certo facile a prevedersi, che anche arterializzando, con lo sbattimento in presenza di aria o di ossigeno puro, questo sangue diventato inattivo, non riacquistava la sua azione sulla miostenina. Per modo che il contatto, anche prolungato, di questo sangue riarterializzato — mi si permetta l'espressione — con la miostenina, non determinava alcun affievolimento della attività di questa sul muscolo, mentre quello del sangue arterioso fresco abolì ogni azione riparatrice della miostenina sulla fatica.

Gli effetti prodotti dal sangue arterioso e dall'acqua ossigenata sulla miostenina sono tali da renderci proclivi ad attribuirli ad un'azione ossidante, per la quale avvenga nella miostenina una modificazione, che la rende inattiva rispetto ai muscoli. Se così fosse, mal si spiegherebbe il fatto che il sangue diventato venoso, e quindi inattivo sulla miostenina, non riacquisti la perduta attività, provocandone il ritorno allo stato arterioso. Questa esperienza dell'azione del sangue riarterializzato sul principio attivo di capsule soprarenali l'ho ripetuta non poche volte (12), perchè il risultato era così impreveduto, che volli sincerarmi esuberantemente della sua esistenza. Costantemente verificai la nessuna azione di questo sangue, ridiventato evidentemente rosso-arterioso, sulla miostenina. Nessun dubbio quindi che, mentre il sangue arterioso fresco e l'acqua ossigenata annullano l'azione della miostenina sulla fatica, il sangue riarterializzato, dopo avere raggiunto una evidente venosità, è affatto privo di codesta proprietà. Questa differenza di comportamento fra il sangue arterioso fresco ed il sangue riarterializzato non è facile da spiegarsi. L'azione del sangue arterioso sulla miostenina richiede forse l'intervento di un agente, che scompare durante la trasformazione del sangue arterioso in sangue venoso, e che non ricompare più con la riarterializza-

Digitized by Google

zione? L'azione dell'acqua ossigenata non contraddirebbe all'esistenza di un agente di questo genere. Per ora non posso far altro che porre questo problema, riservandomi la soluzione ad ulteriori ricerche.

IV. Azione della miostenina sul gastrocnemio e sul sartorio isolati della rana.

Perchè queste ricerche sull'azione esercitata dal principio attivo surrenale sui muscoli degli eterotermi fossero complete, ho anche studiato quali effetti poteva avere la miostenina messa in contatto con muscoli isolati dall'organismo. A questo scopo feci non poche esperienze servendomi del gastrocnemio e del sartorio della rana, il quale ha il vantaggio di avere fibre parallele.

In un cilindro di vetro, chiuso inferiormente da un tappo di sughero, arrivavano, passando attraverso il tappo, due fili di platino collegati con l'elettro-magnete di Magnus Blix. Uno dei due fili, appena sorpassato il tappo nel suo centro e penetrato nel cilindro di vetro, si piegava ad uncino e serviva quindi anche per fissare il muscolo: l'altro filo si prolungava nell'interno del tubo di vetro e si piegava a volontà ad angolo retto, andando così a mettersi in contatto con l'altro estremo del muscolo, che, in tal modo e per tutta la sua lunghezza, chiudeva il circuito. Il piccolo apparecchio veniva poi fissato verticalmente e superiormente al miografo di Gad ed un filo di seta, partendo dall'estremo superiore del muscolo, saliva e si ripiegava su una puleggina sensibilissima e, discendendo, andava ad attaccarsi alla leva scrivente isotonica. Nell'interno del cilindro di vetro si poteva collocare quel liquido, nel quale si desiderava immergere il muscolo, al quale, come di solito in tutte queste ricerche, veniva regolarmente inviato uno stimolo ogni 2″. Il muscolo — sempre il sartorio, in alcune esperienze il gastrocnemio — veniva stimolato direttamente; il gastrocnemio ricevette pure lo stimolo per la via dello sciatico, anch'esso isolato e, in questo caso, la disposizione dell'apparecchio veniva mutata, nel senso che il piccolo uncino, al quale il muscolo era attaccato inferiormente, non serviva più anche da elettrodo, ma i due poli erano rappresentati da due fili di platino che, attraversato il

Digitized by Google

tappo, si erigevano verticali, senza toccare il muscolo, nell'interno del tubo di vetro ed intorno ai quali veniva avvolto il nervo.

Come liquido di immersione usai il cloruro di sodio al 0,9 % ed anche il liquido di Ringer-Locke senza ossigeno. Alle volte immergevo muscolo e nervo, altre volte o l'uno o l'altro, in qualche caso nessuno dei due, ed infine sperimentai anche tenendo il muscolo (sartorio) a secco, ma sospeso sopra una certa quantità di liquido di Ringer-Locke, che serviva a rendere umido l'ambiente.

Aggiungevo la miostenina alla soluzione ambiente, o la lasciavo cadere a gocce sul muscolo che lavorava, o toglievo del tutto il liquido conservatore e lo sostituivo subito con soluzione di miostenina, della quale sperimentavo successivamente una lunga serie di dosi.

I risultati di tutte queste esperienze, al contrario di quelli ottenuti dai muscoli degli eterotermi conservati nei loro rapporti normali con l'organismo, ed al contrario di quelli ottenuti da Dessy e Grandis (22) dal muscolo isolato del *Leptodactylus occellatus,* furono nulli o quasi. In tutte le esperienze — circa un centinaio —, salvo in due, l'ergogramma continuò nella sua linea discendente regolare, anche in presenza della miostenina, qualunque fosse la dose e qualunque il tempo e qualunque il modo in cui si fece agire. I due unici risultati positivi non mi autorizzano ad attribuirli ad un'azione della miostenina favorevole all'attività funzionale del muscolo, ma penso piuttosto si tratti di una causa d'errore intervenuta nella tecnica.

Mi riservo perciò di riprendere al più presto queste ricerche estendendole, oltre che ai muscoli della rana, anche a quelli del rospo e studiando, variando il più ampliamente possibile ogni condizione sperimentale, con lo scopo di trovare la ragione della differenza nel modo di agire della miostenina sul muscolo, a seconda che arriva al muscolo per la via del circolo, o se è portata direttamente a contatto del muscolo isolato.

Digitized by Google

ANIMALI OMOTERMI

I. — Animali omotermi normali.

Ho sperimentato dapprima in cavie ed in conigli in condizioni del tutto normali. Alle volte, per ottenere l'immobilità dell'animale, impiegavo il veronal, iniettandolo nell'addome in dose da gr. 0,03 a gr. 0,05 per gr. 100 di peso. Per le modalità tecniche seguite, vedi quanto fu detto in principio dello studio.

Esper. 41 — 16. II. 1907 - Temp. amb. + 10° C.

Coniglio maschio, gr. 1400. Gastrocn. destro. Sciatico integro. Nucleo elettromagnete a mm. 20.

Peso sollevato gr. 870.

Ore 3,38′	principio ergogramma	accorc. del musc. mm.	6,5
4,17′	dopo 1170 stimoli	id.	2
	principia iniezione nella vena giugulare di miostenina 1 : 100.000 Na Cl 0,9 °/₀.		
4,25′	dopo 240 stimoli dal principio della iniezione e mentre questa continua	id.	1
4,30′	dopo 390 stimoli dal principio dell' iniezione	id.	0,2
	fine dell' iniezione: iniettati ccm. 95 di soluzione = gr. 0,0009 di sostanza = gr. 0,0006 per chg. di coniglio.		
4,32′	dopo 450 stimoli dal principio / dopo 60 stimoli dalla fine } dell' iniezione	id.	0,2

Esper. 7 — 23. I. 1907 - Temp. amb. + 9° C.

Cavia femmina, gr. 500. Gastrocn. destro. Sciatico integro. Nucleo elettromagnete a mm. 0.

Peso sollevato gr. 123. Nell'addome gr. 0,22 Veronal.

Digitized by Google

Ore 9,53' principio ergogramma — accorc. del musc. mm. 5,5
10,28' dopo 1050 stimoli — id. 2,7
iniez. addome gr. 0,005 miostenina = = gr. 0,01 per chg. di cavia, in ccm. 10 Na Cl 0,9 %.
10,40' dopo 360 stimoli dall' iniezione — id. 1,2
10,50' id. 660 id. — id. 0,8
11 id. 960 id. ultimo stimolo — id. 0,2

Non si è quindi avuta un'azione iniettando la miostenina, sia per la via venosa sia per quella dell'addome, in conigli e cavie svegli o addormentati col Veronal.

II. — Animali omotermi cloralizzati.

Il risultato negativo delle sucitate esperienze mi fece subito pensare che, nelle condizioni in cui si trovavano quegli animali, la miostenina subisse quel processo, del quale ho già parlato, per cui la sua azione si attenua ed anche si annienta. Non avendo avuto alcun buon esito ricorrendo a parecchi espedienti, ad esempio alla compressione forte della teca craniense, oppure ostacolando più o meno la respirazione, sia col comprimere la trachea, sia col prolungare la trachea stessa in un tubo più o meno lungo, ricorsi all'idrato di cloralio per provocare artificialmente un notevole abbassamento di temperatura nell'animale. Iniettavo la sostanza nell'addome in dosi varianti da gr. 0,02 a gr. 0,06 per gr. 100 di peso.

Esper. 14 — 21. I. 1907 - Temp. amb. + 10° C.
Cavia maschio, gr. 350. Gastrocn. destro. Sciatico integro. Nucleo elettromagnete a mm. 0.
Peso sollevato gr. 200. T. r. normale + 38° C.
Ore 14,4' nell'addome gr. 0,10 idrato cloralio.
15,5' T. r. + 30° principio ergogramma — accorc. del musc. mm. 3,5
15,17' T. r. + 30° dopo 360 stimoli — id. 3
nell'addome gr. 0,04 idrato cloralio.

Digitized by Google

Ore 16,15′ T. r. + 26° dopo 2100 stimoli accorc. del musc. mm. 2
iniez. addome gr. 0,002 miostenina =
= gr. 0,0057 per chg. di cavia.
16,26′ T. r. + 25° dopo 330 stimoli dall'iniezione
di miostenina id. 0,8
16,33′ T. r. + 24° dopo 540 id. id. 0,6
iniez. addome gr. 0,0025 miostenina =
= gr. 0,007 per chg. di cavia.
16,40′ T. r. + 23° dopo 210 stimoli dalla
seconda iniezione di miostenina id. 0,5
16,51′ T. r. + 22° dopo 540 id. id. 0,3
iniez. addome gr. 0,0025 miostenina =
= gr. 0,007 per chg. di cavia.
17 T. r. + 21°,5 dopo 270 stimoli dalla
terza iniezione di miostenina id. 0,2

Esper. 18 — 29. I. 1907 - Temp. amb. + 8° C.
Cavia femmina, gr. 650. Gastrocn. destro. Sciatico integro. Nucleo elettromagnete a mm. 0.
Peso sollevato gr. 300. T. r. normale + 38° C.
Ore 9,51′ iniez. addome gr. 0,25 idrato cloralio.
10,2′ iniez. addome gr. 0,05 idrato cloralio.
10,26′ T. r. 32° iniez. addome gr. 0,10 idrato
cloralio.
10,45′ T. r. 29°,5 principio ergogramma accorc. del musc. mm. 5
11,15′ T. r. 28° dopo 900 stimoli id. 4,2
12,5′ T. r. 22°,5 id. 2400 id. id. 1,5
iniez. addome gr. 0,004 miostenina =
= gr. 0,006 per chg. di cavia.
12,10′ dopo 150 stimoli dall'iniez. di miostenina id. 0,8
12,15′ id. 300 id. id. id. 0,5
12,25′ T. r. 21° id. 600 id. id. id. 0

Ma, come dimostrano le due esperienze riferite — in tutto identiche a molte altre eseguite con eguale tecnica —, la miostenina, somministrata negli animali cloralizzati, non spiegò alcuna azione sulla fatica del gastrocnemio, sebbene la temperatura dell'animale fosse fortemente abbassata.

Digitized by Google

III. — Animali omotermi con bulbo leso.

Non essendo bastato un grande raffreddamento cloralico ad eliminare quei fattori, per cui l'azione della miostenina è annullata negli animali omotermi, volli vedere se, associando all'abbassamento della temperatura anche un grave disturbo respiratorio, sarebbe stato possibile di far sì che la miostenina, introdotta nel circolo, pervenisse ai muscoli senza perdere la sua attività. Ciò credetti di poter ottenere con la recisione del bulbo, in seguito alla quale praticavo una scarsa respirazione artificiale appena sufficiente per mantenere in vita l'animale durante l'esperienza.

Esper. 28 — 8. II. 1907 - Temp. amb. + 9° C.

Coniglio maschio, gr. 1200. Gastrocn. destro. Sciatico integro. Nucleo elettromagnete a mm. 0.

Peso sollevato gr. 570. T. r. normale + 39° C.

Ore 9,30′	T. r. 34°,5 principio ergogramma	accorc. del musc. mm.	6,5
9,47′	T. r. 32°,5 dopo 510 stimoli	id.	0,3
	iniez. addome gr. 0,005 miostenina = gr. 0,0041 per chg. di coniglio.		
10,8′	T. r. 30°,5 dopo 630 stimoli dall'iniezione	id.	0,5
10,25′	T. r. 28°,5 id. 1140 id.	id.	1,5
10,30′	T. r. 28° id. 1290 id. ultimo stimolo	id.	2

Esper. 33 — 9. II. 1907 - Temp. amb. + 10° C.

Coniglio femmina, gr. 1350. Gastrocn. destro. Sciatico integro. Nucleo elettromagnete a mm. 0.

Peso sollevato gr. 570. T. r. normale + 38°,5 C.

Ore 17,50′	T. r. 32° principio ergogramma	accorc. del musc. mm.	6,5
17,56′	T. r. 32° dopo 180 stimoli	id.	0,5
	principia 1ª iniezione nella giugulare destra di miostenina 1 : 200.000 Na Cl 0,9 %.		
17,57′	dopo 30 stimoli dal principio 1ª iniez. miostenina	id.	1,5

Digitized by Google

Ore 18,1′ T. r. 31° dopo 150 stimoli dal principio 1ª iniezione miostenina accorc. del musc. mm. 3,7

fine 1ª iniezione miostenina. In toto iniettati ccm. 41 di soluz. = gr. 0,00022 di sostanza = = gr. 0,00016 per chg. di coniglio.

18,12′ T. r. 30° dopo 330 stimoli dalla fine 1ª iniez. miostenina id. 0,5

principia 2ª iniezione nella giugulare destra di miostenina 1 : 200.000 Na Cl 0,9 %.

18,13′,30″ dopo 45 stimoli dal principio della 2ª iniezione miostenina id. 1,5

18,15′ T. r. 29° dopo 90 id. id. 1,3

fine 2ª iniezione miostenina. In toto iniettati ccm. 64 di soluzione = gr. 0,00032 di sostanza = gr. 0,00023 per chg. di coniglio.

18,22′ T. r. 28° dopo 210 stimoli dalla fine 2ª iniez. miostenina id. 0,5

principia 3ª iniezione nella giugulare destra di miostenina 1 : 200.000 Na Cl 0,9 %.

18,23′,30″ dopo 45 stimoli dal principio 3ª iniezione miostenina id. 0,7

18,26′ T. r. 27°,5 dopo 120 id. id. 0,5

fine 3ª iniezione miostenina. In toto iniettati ccm. 75 di soluz. = 0,00037 di sostanza = = gr. 0,00027 per chg. di coniglio.

18,35′ T. r. 26° dopo 270 stimoli dalla fine 3ª iniez. miostenina ultimo stimolo id. 0,2

Queste esperienze, di cui ho dato due esempi nello specchietto precedente, dimostrano che nei conigli, nei quali si produce la grave lesione del bulbo e che siano poi mantenuti in vita mediante la respirazione artificiale, il principio attivo surrenale esplica la sua caratteristica azione rinvigoritrice del muscolo stanco, così come sempre agisce negli eterotermi. Quest'azione si vede assai bene nella fig. 8 della Tav. II, che corrisponde all'esp. 33, nella quale la miostenina venne data per via endovenosa. Confrontando il risultato dell'esp. 33 con quello dell'esp. 38, è facile vedere che l'azione benefica della miostenina è più pronta a rivelarsi, sebbene meno duratura, se la somministrazione viene fatta per

Digitized by Google

via venosa, anzichè per via addominale. Dall'esame delle due linee del tracciato della fig. 8 della Tav. II e da quello dello specchietto relativo, appare che l'azione della miostenina, iniettata nelle vene, si può manifestare anche parecchie volte di seguito, ma sempre in grado minore, e che l'effetto utile di essa sul muscolo comincia pochi secondi (32″ — 28″) dopo il principio della infusione endovenosa e diminuisce evidentemente assai presto (1′, 40″ — 50″) dopo la fine.

IV. — Animali omotermi in narcosi.

Continuando nello stesso ordine di idee esposto nel paragrafo precedente, e conformemente a quello che avevo visto nelle esperienze in cui mettevo la miostenina a contatto col sangue, volli anche vedere se, rendendo l'animale semiasfittico con una narcosi sufficientemente prolungata, si potesse raggiungere quelle condizioni, che sono necessarie perchè la miostenina agisca sui muscoli. A conigli ed a cavie, preparati nel modo solito, feci respirare la miscela A E C (parti uguali di alcool, etere e cloroformio), che si presta bene, fino ad avere, non solo la narcosi completa, ma anche un notevole abbassamento di temperatura ed il sangue delle arterie evidentemente venoso. A questo punto cominciavo ad eccitare lo sciatico e scrivevo l'ergogramma.

Esper. 57 — 25. II. 1907 - Temp. amb. + 14° C.

Cavia maschio gr. 450. Gastrocn. destro. Sciatico integro. Nucleo elettromagnete a mm. 0.

Peso sollevato gr. 770. T. r. normale + 38°,5 C.

Ore 19,15′	T. r. 35°,5 principio ergogramma	accorc. del musc. mm.	3,5
19,25′	T. r. 34°,5 dopo 300 stimoli	id.	0,6
	iniez. addome gr. 0,004 miostenina = = gr. 0,0088 per chg. di cavia.		
19,30′	dopo 150 stimoli dall'iniezione	id.	0,9
19,39′	T. r. 33° dopo 420 id.	id.	0,7
20,3′	T. r. 31°,5 id. 1140 id. ultimo stimolo	id.	0,5

Esper. 50 — 21. II. 1907 - Temp. amb. + 13° C.

Coniglio femmina gr. 1350. Gastrocn. destro. Sciatico integro. Nucleo elettromagnete a mm. 0.

Peso sollevato gr. 870. T. r. normale + 39° C.

Digitized by Google

Ore 23,30′ T. r. 35° principio ergogramma accorc. del musc. mm. 9
23,38′ T. r. 34°,5 dopo 240 stimoli id. 2,2
iniez. addome gr. 0,005 miostenina =
= gr. 0,0037 per chg. di coniglio.
23,39′,30″ dopo 45 stimoli dall'iniezione id. 1
23,41′ id. 90 id. id. 2
23,45′ id. 210 id. id. 3
23,50′ id. 360 id. id. 3
0,5′ T. r. 32° id. 710 id. ultimo stimolo id. 1,2

Esper. 55 — 25. II. 1907 - Temp. amb. + 14° C.
Coniglio maschio gr. 1500. Gastrocn. destro. Sciatico integro. Nucleo elettromagnete a mm. 0.
Peso sollevato gr. 870. T. r. normale + 39° C.
Ore 15,9′ T. r. 35° principio ergogramma accorc. del musc. mm. 9
15,19′ T. r. 34°,5 dopo 300 stimoli id. 1
principia iniez nella giugulare destra
di miostenina 1 : 100.000 Na Cl 0,9 °/₀.
15,20′ dopo 30 stimoli dal principio iniez. accorc. del musc. mm. 1,5
15,20′,45″ id. 45 id. id. 2
15,22′ T. r. 34° id. 90 id. id. 1,3
fine iniez. miostenina. In toto iniettati ccm. 35
di soluzione = gr. 0,00035 di sostanza =
= gr. 0,00023 per chg. di coniglio.
15,30′ T. r. 33° dopo 240 stimoli dalla fine iniezione id. 0,2
15,33′ T. r. 32°,5 id. 330 id. id. 0
15,38′ T. r. 32° id. 480 id. ultimo stimolo id. 0

Da questi specchietti si vede che, rendendo con la narcosi asfittico l'animale ed abbassandone la temperatura, la miostenina non è più trasformata in sostanza inattiva, per cui può esplicare la sua azione caratteristica sul muscolo.

***.

Il fatto principale, che emerge da tutta questa serie di ricerche, come abbiamo già visto nei vari capitoli e salve le circostanze speciali

Digitized by Google

sperimentali già descritte, è quello che riguarda il potere rinvigoritore che il principio attivo surrenale ha sulla contrazione del gastrocnemio affaticato.

Questi risultati confermano ed ampliano quelli di Dessy e Grandis (22). A che cosa si può attribuire questa azione così spiccata della miostenina sull'attività del muscolo, specialmente in quel periodo, nel quale il muscolo comincia a dar segni di fatica, vale a dire in quel periodo nel quale le scosse diventano più basse e più prolungate? Nulla vi è nei risultati di queste esperienze che impedisca di spiegarli ricorrendo alla opinione generalmente accetta (Abelous e Langlois, Albanese, Oliver e Schäfer, Dubois, Battelli e Boatta, ecc.), che cioè la funzione biologica del principio attivo surrenale, per ciò che riguarda il muscolo, sia effettivamente quella di modificare o neutralizzare o distruggere o rendere in qualsiasi altro modo inattivi i veleni prodotti dalla fatica.

Ammessa questa ipotesi, come la più semplice e la più ovvia, si potrebbe, con molta prudenza e senza dare molta importanza alla cosa, spiegare il modo di azione speciale della sostanza attiva della capsula surrenale, a seconda del tempo in cui perviene al muscolo. Se il sangue arriva carico di miostenina ad un muscolo, che non abbia ancora incominciato a lavorare o che abbia soltanto eseguiti i primi accorciamenti della serie, avverrà che, se l'eccitamento è massimo, la miostenina renderà inattive, man mano che si formano, le sostanze ponogene, e quindi, essendo costante l'afflusso del *pabulum* nutritivo, gli accorciamenti avranno per un lungo periodo di tempo la stessa intensità. Se la miostenina è portata al muscolo quando gli accorciamenti cominciano a scemare di ampiezza, specialmente per l'azione dei prodotti tossici della fatica, la neutralizzazione di questi rappresenterà un vero svelenamento del muscolo, e si avrà quindi un aumento dell'energia muscolare, espresso, non soltanto da un arresto nella diminuzione dell'altezza di accorciamento, ma anche da una vera ripresa del muscolo. Se la miostenina infine arriva al muscolo che, per fatica, non può più accorciarsi, potrà non avere alcun effetto, perchè, mentre da un lato si può ammettere che l'azione svelenatrice della miostenina si verifichi ancora, dall'altro, in questo periodo della fatica, vi è forse una tale diminuzione delle sostanze

Digitized by Google

esplosive da non poter essere compensata dall'afflusso sanguigno nell'intervallo fra uno stimolo e l'altro.

Abbiamo visto che la miostenina non ha alcuna azione sulla fatica muscolare quando venga introdotta nell'organismo di un coniglio o di una cavia in cui respirazione e circolazione e termogenesi si compiono in modo poco diverso dal normale. Abbiamo pure visto, che l'azione di questa sostanza sui muscoli della rana è annullata dal contatto con sangue arterioso fresco di cane o di coniglio o con acqua ossigenata. Questi due fatti si completano e ci inducono a pensare, che anche l'azione spiegata dalla miostenina sopra i muscoli si comporti verso il sangue o verso i tessuti come si comporta l'azione sua sul sistema circolatorio, azione che, secondo i più, diminuirebbe o si annienterebbe. *

Sta il fatto che il sangue arterioso degli omotermi diminuisce, dopo breve contatto (30″), e distrugge, se il contatto è più lungo (1′), ogni azione della miostenina sul muscolo affaticato. Se accettiamo i risultati del Livon (citati in nota), dobbiamo riconoscere che di fronte all'azione del sangue arterioso si comportano in modo affatto diverso due proprietà fisiologiche della miostenina. Secondo il Livon, l'azione pressoria non si modifica che poco o punto, mentre dalle mie ricerche risulta che

---

* Riguardo all'azione dell'adrenalina sul sistema circolatorio, Oliver e Schäfer (6) ne spiegarono la breve durata, opponendo che la sostanza passi rapidamente dal sangue nei tessuti. Lo Cybulski (28) pensò ad una alterazione di natura ossidativa. Lo Szymonowicz (29), data la rapidità d'azione della sostanza, credette pure che venisse rapidamente neutralizzata od eliminata dall'organismo. Il Langlois (30) vide in seguito che, per l'azione di agenti ossidanti [ozono ed emolinfa dei crostacei contenente, secondo Abelous e Biarnès (31), ossidasi] l'estratto surrenale perde la sua azione ipertonizzante. Egli dimostrò, inoltre, che l'azione vasocostrittrice dell'estratto surrenale negli eterotermi può essere abbreviata riscaldando l'animale, mentre, negli omotermi, può essere prolungata raffreddandoli. Fenomeni, che l'A. mette in relazione con l'intensità dei processi di ossidazione. Langlois ed Athanasiu (32) accertarono poi che la breve durata dell'effetto pressorio per parte dell'estratto surrenale, doveva attribuirsi ad una ossidazione (alla quale partecipa il fegato), che trasforma la sostanza attiva in sostanza inattiva. F. Battelli (33), sperimentando *in vitro*, verificò più tardi che l'adrenalina è trasformata, in un mezzo alcalino ed in presenza di ossigeno, in ossiadrenalina, la quale non è tossica od almeno possiede una tossicità di molto inferiore. Lo stesso A. (34) ammette inoltre che uguale trasformazione avvenga anche nei tessuti, agevolata dall'ossigeno delle emazie. Embden e v. Fürth (35) provarono che, mescolando adrenalina con sangue arterioso o con siero, si ha rapida distruzione della sostanza, provocata, secondo gli AA., dall'alcalinità del sangue. Infatti l'azione del sangue sulla adrenalina viene a mancare aggiungendo alquanta poltiglia di muscolo o di fegato o di polmone, perchè da questa si svilupperebbero acidi, che neutralizzano l'alcalinità. Invece il Livon (36-37) crede che l'agente principale per cui l'adrenalina viene resa inattiva, non sia il sangue, ma il tessuto muscolare, specialmente quando lavora.

Digitized by Google

l'azione sulla fatica muscolare viene perduta completamente. Ma il risultato del Livon è contradetto da quello di altri sperimentatori, per cui ritengo più verosimile che il sangue arterioso agisca nello stesso modo su quelle due proprietà funzionali della sostanza attiva della capsula surrenale.

CONCLUSIONI GENERALI

I. — L'attività funzionale di un muscolo striato di eterotermi è notevolmente rinvigorita dall'azione del principio attivo surrenale portato al muscolo per mezzo della circolazione. Sotto l'azione della miostenina il muscolo può lavorare ritmicamente per un tempo molto più lungo di quello che si ha ordinariamente.

II. — La miostenina, somministrata alla rana od al rospo in un periodo inoltrato della fatica, provoca un ristabilimento notevole ma non completo della attività funzionale del muscolo.

III. — Quando l'iniezione della miostenina si faccia nel momento in cui il muscolo, per le condizioni nelle quali lavora, è divenuto affatto incapace di accorciarsi, allora non si ha alcun effetto favorevole sull'attività muscolare.

IV. — Gli stessi effetti, di cui si è parlato ai numeri precedenti, si hanno anche nei muscoli degli animali omotermi (cavie, conigli) a condizione però che, con accorgimenti speciali (sezione del bulbo, narcosi profonda), siano portati in certo qual modo nelle condizioni respiratorie, circolatorie e termogenetiche degli animali eterotermi.

V. — Non si riuscì negli omotermi ad ottenere gli effetti della miostenina sulla fatica muscolare quando la si inietti negli animali in cui respirazione, circolazione e termogenesi erano poco diverse dal normale. Ciò deve probabilmente attribuirsi ad una profonda modificazione subita da codesta sostanza a contatto del sangue. Infatti:

Digitized by Google

VI. — La miostenina perde la sua attività sui muscoli di rana o di rospo quando abbia subito, per tempo relativamente breve, l'azione del contatto con sangue arterioso fresco di cane o di coniglio.

VII. — Nelle rane e nei rospi invernali l'azione della miostenina sui muscoli non si verifica o si verifica dopo un tempo molto lungo. Basta riscaldare questi animali, tenendoli in un ambiente riscaldato a temperatura superiore ai + 20° C, perchè l'effetto della miostenina si abbia come negli animali estivi. La causa della differenza fra animali estivi ed animali invernali deve probabilmente ricercarsi nel fatto che, nei primi, l'assorbimento è più rapido, nei secondi è molto più lento.

Pisa, Luglio 1907.

Digitized by Google

Digitized by Google

BIBLIOGRAFIA

1. - I. E. Abelous et P. Langlois. — *Recherches expérimentales sur les fonctions des capsules surrénales de la grenouille.* (Arch. de Physiol. norm. et pathol., 1892, pag. 269-278).
2. - I. E. Abelous et P. Langlois. — *Sur les fonctions des capsules surrénales.* (Arch. de Physiol. norm. et pathol., 1892, pag. 465-476).
3. - I. E. Abelous et P. Langlois. — *Toxicité de l'extrait alcoolique du muscle de grenouilles privées des capsules surrénales.* (C. r. Soc. Biol., 1892, pag. 490).
4. - M. Albanese. — *La fatigue chez les animaux privés des capsules surrénales.* (Atti della R. Acc. Lincei, 6 marzo 1892, ed Arch. ital. de Biol., XVII, 1892, pag. 239-247).
5. - I. E. Abelous. — *Des rapports de la fatigue avec les fonctions des capsules surrénales.* (Arch. de Physiol. norm. et pathol., 1893, pag. 720-728).
6. - G. Oliver and E. A. Schäfer. — *On the physiological action of extract of the suprarenal capsules.* (Proceed. of the Physiol. Soc. of London, 10-16 marzo 1894, e Journ. of Physiol., 1895, XVIII, pag. 230-276).
7. - E. Boinet. — *Résultats éloignés de soixante-quinze ablations des deux capsules surrénales.* (C. r. Soc. Biol., 1895, pag. 162-167).
8. - E. Boinet. — *Résistance à la fatigue de 11 rats décapsulés depuis cinq et six mois.* (C. r. Soc. Biol., 1895, pag. 273-274).
9. - E. Boinet. — *Nouvelles recherches sur la résistance à la fatigue de rats décapsulés depuis longtemps.* (C. r. Soc. Biol., 1895, pag. 325-326).
10. - E. Boinet. — *Ablation des capsules vraies et accessoires chez le rat d'egout.* (C. r. Soc. Biol., 1895, pag. 498-500).
11. - L. A. Dubois. — *Note préliminaire sur l'action des extraits de capsules surrénales.* (C. r. Soc. Biol., 1896, pag. 14-16).
12. - L. A. Dubois. — *Des variations de toxicité des extraits de capsules surrénales.* (Arch. de Physiol. norm. et pathol., 1896, pag. 412-425).
13. - H. Boruttau. — *Erfahrungen über die Nebennieren.* (Pflüger's Arch., LXXVIII, 1899, pag. 97-128).

Digitized by Google

14. - E. Boinet. — *Recherches expérimentales sur les fonctions des capsules surrénales.* (C. r. Soc. Biol., 1899, pag. 671-672).

15. - E. Boinet. — *Recherches sur les fonctions des capsules surrénales.* (C. r. Soc. Biol., 1899, pag. 673-674).

16. - F. Battelli et G. B. Boatta. — *Influence de la fatigue sur la quantité d'adrénaline existant dans les capsules surrénales.* (C. r. Soc. Biol., 1902, pag. 1203-1205).

17. - F. Battelli. — *Influence du travail suivi de repos sur la quantité d'adrénaline existant dans les capsules surrénales.* (C. r. Soc. Biol., 1902, pag. 1520-1522).

18. - Bernard et Bigart. — *Réactions histologiques des surrénales au surmenage musculaire.* (C. r. Soc. Biol., 1902, pag. 1400-1401).

19. - Bardier et Bonne. — *Modifications produites dans la structure des surrénales par la tetanisation des muscles.* (C. r. Soc. Biol., 1903, pag. 355-357).

20. - P. Carnot et P. Josserand. — *Influence du travail musculaire sur l'activité de l'adrenaline.* (C. r. Soc. Biol., 1903, pag. 51-53).

21. - I. Ioteyko. — *Influence de l'adrenaline et de quelques autres produits glandulaires sur la contraction musculaire.* (Rapport présenté à la Section de Physiol. du XIV Congrès intern. de Médecine à Madrid. A Lesigne, avril 1903, Bruxelles).

22. - S. Dessy et V. Grandis. — *Contribution à l'étude de la fatigue. Action de l'adrénaline sur la fonction du muscle.* (Revista Sud-Americana de Ciencias Medicas. Año I, n. 2, abril 1903 e Arch. ital. de Biol., XLI, 1904, pag. 225-233).

23. - C. Gioffredi. — *Sull'azione biologica dell'adrenalina.* (Atti della R. Accad. med.-chir. Napoli, 1904, n. 1).

24. - I. E. Abelous. — *Sur l'origine musculaire des troubles consecutives à la destruction des glandes surrénales.* (C. R. Soc. Biol., 1904, pag. 951-952).

25. - F. Capobianco. — *Dell'azione di alcuni estratti organici sul lavoro muscolare.* (Atti della R. Acc. delle Sc. Fis. e Matem. Napoli, 1904, 11 giugno).

26. - M. Blix. — *Studien über Muskelwärme.* (Skandinavisches Arch. f. Physiol., 1902, XII, pag. 52-128).

27. - H. Beaunis e V. Aducco. — (Elementi di Fisiologia. Unione tip. edit. Torino, vol. II, disp. 28, pag. 175).

28 - N. Cybulski. — *O funkcyi nadniercza.* (Gaz. lekarska, 23 marzo 1895, pag. 299, e Acad. de Sciences de Cracovie, marzo 1895, e Centralb. f. Physiol., IX, n. 4, 1895, e Ueber die Funktion der Nebenniere. Wien. med. Wochenschr., febbraio 1896).

29. - L. Szymonowicz. — *Onadnerczu.* Cracovia, 1905 (Wien. med. Woch., 1896), e *Die Function der Nebenniere.* (Pfluger's Arch., LXIV, 1896, pag. 97-164).

30. - I. P. Langlois. — *Action des agents oxydants sur l'extrait des capsules surrénales.* (C. R. Soc. Biol., 1897, pag. 524-526).

31. - I. E. Abelous et G. Biarnès. — *Sur l'existence d'une oxydase chez l'ecrevisse.* (C. R. Soc. Biol., 1897, pag. 173-175).

Digitized by Google

32. - Athanasiu et Langlois. — *Du rôle du foie dans la destruction de la substance active des capsules surrénales.* (C. R. Soc. Biol., 1897, pag. 575-576).

33. - F. Battelli. — *Transformation de l'adrénaline « in vitro ».* (C. R. Soc. Biol., 1902, pag. 1435-1436).

34. - F. Battelli. — *Transformation de l'adrénaline dans l'organisme.* (C. R. Soc. Biol., 1902, pag. 1518-1520).

35. - G. Embden und O. v. Fürth. — *Ueber die Zerstörung des Suprarenins (Adrenalins) im Organismus.* (Beiträge zur Chemischen Physiologie und Pathologie von F. Hofmeister, IV, 1903, pag. 421-429).

36. - Ch. Livon. — *Que devient l'adrénaline dans l'organisme?* (C. R. Soc. Biol., 1904, I, pag. 539-540).

37. - Ch. Livon. — *Destruction de l'adrénaline dans l'organisme.* (C. R. Soc. Biol., 1904, pag. 1118-1119).

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

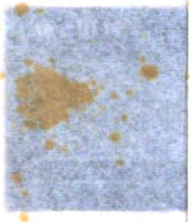


Fig. 8.

Digitized by Google

Digitized by Google

RICCARDO UGOLINI

CONTRIBUZIONE ALLO STUDIO

DELLE

ROCCIE DELL'ALTO EGITTO

Parte seconda.

Digitized by Google

Digitized by Google

11. — Pegmatite di Derr.

La roccia proviene dai dintorni di Derr, città situata sulla riva destra del Nilo, a 22° 40° circa di latitudine nord. È di color grigio-giallastro, a struttura grossolana ed è costituita di mica, in lamine bianco-argentee piccole e numerose, di quarzo e di feldispato.

Quest'ultimo minerale, evidentemente subordinato rispetto ai primi, mostrasi, all'esame microscopico, quasi costantemente torbido ed alterato. I suoi individui, grossissimi, hanno prevalentemente i caratteri del plagioclasio, per la geminazione multipla secondo la legge dell'albite facilmente riconoscibile, ma sono così fortemente caolinizzati da impedire affatto di stabilirne, neppure con approssimazione, con quale termine della serie plagioclasica si abbia a che fare.

Non manca il microclino, che facilmente si riconosce, benchè sia esso pure alterato, dalla caratteristica struttura a grata delle lamelle geminate.

Più raro è l'ortose.

Poche e minutissime sono nel feldispato di questa roccia le inclusioni fluido-gassose; più comuni quelle solide, di apatite specialmente, nei soliti granuli e cristalletti prismatici.

Digitized by Google

Il quarzo si trova nella roccia, sia in grossissimi elementi, sia in minuti granuli, incolori, limpidi e con le abituali inclusioni liquido-gassose. Frequente in questo minerale è l'estinzione ondulata e la struttura saccaroide, come effetto di metamorfismo dinamico.

La mica è esclusivamente muscovite, in lamine più o meno minute, numerosissime, rotte, contorte e addossate confusamente fra di loro ed agli altri minerali componenti.

Fra i minerali accessori sono da ricordarsi, oltre all'apatite, lo zircone poco comune ed il rutilo, abitualmente inclusi in tutti i componenti essenziali della roccia.

Noto infine fra gli elementi secondari, il caolino abbondantissimo, come prodotto di decomposizione del feldispato, e svariati prodotti ferruginosi, prevalentemente limonitici, formatisi per alterazione della mica.

12. Granitite porfirica di Derr.

È roccia manifestamente porfirica, di aspetto granitico, a grana grossa, sul cui fondo bruno-nero spiccano grossi cristalli porfirici di quarzo e soprattutto di feldispato roseo.

È molto alterata e perciò facilmente disgregabile, donde la difficoltà di farne belle e sottili sezioni.

Trattata con gli acidi non dà sviluppo alcuno di effervescenza. All'osservazione microscopica nelle sezioni sottili si rivela come una massa granitica olocristallina ipidiomorfa, risultante dall'insieme di più minerali essenziali come feldispato, quarzo e mica, nella quale stanno porfiricamente disseminati interclusi di grosse dimensioni della prima e della seconda specie, ma più di quella che di questa.

Gl'interclusi feldispatici sono tutti indistintamente automorfi, e sebbene sieno più o meno intorbiditi dai prodotti caolinici che ne mascherano spesso i caratteri ottici, si riconoscono tuttavia per microclino dalla striatura caratteristica a graticcio, non sempre del tutto nascosta.

Quelli di quarzo sono anche essi in cristalli idiomorfi, talora terminati dall'emipiramide, spesso però incompleti e frammentari.

Come negl'interclusi porfirici, anche nella massa granitica il feldispato mostrasi ben di rado limpido ed incoloro, quasi sempre essendo

Digitized by Google

grigio torbido per sofferta caolinizzazione. I suoi elementi, però, sono quivi evidentemente in parte idiomorfi, ed in parte allotriomorfi.

Predomina fra essi il microclino, coi caratteri suoi abituali; ma non vi mancano, nè il plagioclasio, polisinteticamente geminato e con caratteri spiccatissimi di oligoclasio, come è indicato dal piccolo angolo di estinzione delle sue lamelle, nè l' ortose, in frequenti geminati a Karlsbad.

Tutti i feldispati abitualmente sono qui concresciuti fra di loro. Il quarzo, non porfirico, trovasi nella roccia con i suoi soliti caratteri di limpidezza e di scolorimento, ma sempre dotato di manifestissimo allotriomorfismo.

Ultima fra i minerali essenziali è la mica, e questa è esclusivamente biotite. Vi è in lamine idiomorfe, assai grandi, stracciformi e sbrindellate, le quali non sono quasi mai fresche, ma sempre più o meno cloritizzate.

Fra gli elementi accessori riconosciuti in questa roccia, di originaria vi è solamente apatite, in gran copia ed in grani e cristalli inclusi nel feldispato; tutti gli altri sono secondari e fra di essi, oltre al caolino ed alla clorite testè citati, si notano, epidoto proveniente dalla mica e poi i soliti prodotti ferriferi di magnetite e di ematite.

13. — Sienite anfibolica di Biggeh.

La roccia fu raccolta all' isola di Biggeh, località già citata per altra roccia descritta nella prima parte di questo lavoro. Macroscopicamente osservata presentasi come una roccia di aspetto granulare piuttosto minuto, costituita dall' unione di due minerali essenziali di cui l' uno colorato in verdastro e l'altro incoloro.

Il campione non è troppo fresco; tuttavia dall' abbondante prevalenza del primo minerale sull'altro ne proviene alla massa della roccia quel color verde intenso che la distingue.

L'esame in sezioni sottili al microscopio rivela una struttura olocristallina ipidiomorfa, ed una composizione normale di roccia sienitica.

L' anfibolo è il minerale più diffuso. Vi si trova in cristalli piuttosto grandi di color verde-pleocroico tendente al giallastro. Ha abito prismatico, ma alle volte nelle sezioni parallele o quasi alla base si

Digitized by Google

presenta in forma di esagoni ed ottagoni, con evidentissime le due sfaldature $\{110\}$ e $\{1\bar{1}0\}$ ad angolo di 124°.

L'estinzione riferita alle linee di sfaldatura prismatica ha dato un valore massimo di 19°.

È di più antica formazione del feldispato, notandosene in quest'ultimo minerale alcune inclusioni. Per alterazione ha dato origine a clorite ed a poco epidoto.

I feldispati, assai subordinati per la copia al minerale ora descritto, sono in parte da riferirsi all' ortose, talora geminato a Karlsbad, ed in parte ad un plagioclasio acido con caratteri propri dell' oligoclasio basico.

La maggior quantità di questo minerale è però resa torbida per profonda alterazione caolinico-muscovitica.

Del quarzo nessuna traccia si ha nella roccia in esame.

Fra i minerali accessori vi è copiosissima la titanite, in grani di varia grossezza ed in lamine biettiformi irregolarmente distribuite nella roccia. Noto poi, l' apatite prevalentemente inclusa nel feldispato, ma assai meno diffusa del minerale precedente, lo zircone nei soliti prismettini inclusi essi pure nel feldispato, l'epidoto già ricordato in principio, ed infine la magnetite ed il ferro-titanato, riconoscibile quest' ultimo dal grosso orlo leucoxenico che l'accompagna.

14. — Sienite micaceo-anfibolica di El-Gebelen.

Il campione di questa roccia proviene dal monte El-Gebelen, situato lungo la riva sinistra del Nilo ad un'ora circa al di sotto di Derr.

Il suo aspetto è decisamente granitico ed il colore è grigio-cupo per sovrabbondanza dei silicati colorati sugli incolori.

Qua e là, però, dove questi ultimi maggiormente si agglomerano, trovansi plaghe non grandi, bianco-giallastre, dovute, come vedremo, all' insieme di grani e cristalli di quarzo e feldispato.

La struttura della roccia è olocristallina, ipidiomorfa, ad elementi ora grossi, ora minuti, in parte incolori, ma prevalentemente colorati, che l'esame microscopico appalesa per mica ed anfibolo questi ultimi, e per feldispato e quarzo quelli. I minerali più abbondanti sono la mica nera biotite ed il feldispato.

Digitized by Google

La prima sembrasi originata insieme all'anfibolo. Così infatti ne inducono vari esempi di concrescimento parallelo prodottosi fra le facce prismatiche della mica e quella basale dell'anfibolo. Comuni quelli risultanti dall'associazione di una lamina di mica con altra di anfibolo geminato. Le laminette di mica, fortemente pleocroiche ed assorbenti, sono generalmente incurvate e distorte e coi margini rotti e sbrindellati.

Sol di rado mostransi, inoltre, con abito fresco e limpido, mentre più di sovente appaiono, o torbide per incipiente alterazione, o del tutto trasformate in clorite e nei soliti prodotti ferriferi.

I feldispati si succedono immediatamente per la copia alla biotite.

Di essi, gli elementi più grossi appartengono in massima al microclino, comunissimo in questa roccia, e sempre più o meno profondamente caolinizzato. Gli altri elementi feldispatici vanno invece, in parte riferiti a plagioclasio, con caratteri propri di oligoclasio, geminato a lamelle finissime, con legge dell'albite, ed in parte ad altro feldispato, spesso geminato a Karlsbad, e per caratteri molto simili all'ortose.

Sebbene più giovani dei minerali colorati, trovansi tuttavia talvolta o concresciuti con questi, e con la mica più specialmente, o inclusi in questi per modo da sembrarne contemporanei e persino anche anteriori.

Sono pure rappresentate in questa roccia la micropertite e la microclinmicropertite, ma più spesso la seconda della prima.

Ad eccezione del microclino, tutti gli altri elementi feldispatici mostrano un principio di struttura zonata.

L'anfibolo ha tutti i caratteri dell'orneblenda. È in cristalli piuttosto piccoli, talora geminato, tal'altra associato con la mica e con altri minerali feldispatici, sempre con abito prismatico, spesso più o meno profondamente cloritizzato. È di color verde-bruno pleocroico e si estingue ad angolo di 15°.

Il quarzo, da considerarsi come elemento del tutto accessorio, fa quasi da cemento agli altri minerali, e vi si trova in granuli minuti saccaroidi, e, se un po' grossi, sempre però fortemente screpolati e con estinzione ondulata.

Sono inoltre da notarsi quali elementi accessori: apatite, abbondantissima ed in grossi individui prismatico-bipiramidati, come inclusi dei minerali colorati, ma specialmente del feldispato; rutilo, pure esso abbondante ed in cristalletti di varia dimensione, spesso lunghi e sottili;

Digitized by Google

zircone, magnetite, titanite, e, fra i prodotti secondari provenienti dall'alterazione della mica e dell' anfibolo, clorite, epidoto, ematite e leucoxeno.

15. — Gneiss dioritico di Derr.

Campione di roccia fortemente scistosa e facilmente disgregabile, donde la difficoltà di farne sezioni molto sottili. È di aspetto granuloso e di color grigio-cupo, resultante dall' insieme di minutissimi elementi bianchi, saccaroidi e di numerose lamine nere o verdi-cupe.

Al microscopio la scistosità, così visibile ad occhio nudo, non è punto evidente, ma lo è invece moltissimo quella struttura a mosaico, dovuta a cataclasi, che è propria delle roccie gneissiche.

Gli elementi predominanti nella massa della roccia sono quarzo, feldispato e anfibolo.

Il primo, in grani di varia grossezza ed irregolarmente contigui per contorni irregolari, è notevolmente frammentario, percorso da frequenti screpolature, con estinzione ondulata e deformazione delle figure d' interferenza. Mostrasi talvolta concresciuto col feldispato in compenetrazione micropegmatitica e non di rado incluso in questo minerale. Ha la stessa diffusione dei feldispati ed è provveduto delle solite inclusioni solide e fluido-gassose.

Lo si distingue facilmente dai feldispati, oltrechè per l' abituale limpidezza, anche per la speciale sua rifrazione, sempre superiore a quella del balsamo, e per il carattere ottico di uniassicità.

Di tutti gli elementi del feldispato, solo pochi si presentano con l' originaria freschezza, la maggior parte mostrandosi quasi sempre torbidi e grigi per subita caolinizzazione.

Essi sono poi da riferirsi solo in piccola parte all'ortose, non di rado geminato a Karlsbad; in compenso abbondano i plagioclasi, i quali, a malgrado della frequente alterazione, possono tuttavia facilmente riconoscersi dalla geminazione polisintetica, dovuta alla legge dell'albite che è talora associata con quella del periclino.

L' estinzione simmetrica a piccolo angolo delle lamelle geminate e la rifrazione, quando si è potuta misurare, fanno pensare ad oligoclasio.

L' anfibolo verde è da riferirsi all'orneblenda. Vi si trova in lamine idiomorfe e prismatiche piuttosto piccole, dai contorni irregolari e sbrin-

Digitized by Google

dellati, sol di rado provviste dell'originaria freschezza, ma più spesso con predominante tendenza a convertirsi in clorite, epidoto e prodotti ferruginosi, donde la difficoltà di studiarne i caratteri ottici.

Dove però l'alterazione è appena accennata o vi manca affatto, il pleocroismo va dal verde-chiaro al verde-cupo e l'estinzione massima è di 16° dalla sfaldatura prismatica.

Come ultimo minerale essenziale va ricordata la mica biotite che al confronto degli altri componenti è molto rara in questa roccia. La si può tuttavia riconoscere in alcune laminette irregolari, idiomorfe, dotate di forte assorbimento. Limpide e fresche talora, mostransi più di sovente alterate e cambiate in tutto o in parte in clorite.

Fra i minerali secondari sono da annoverarsi come derivati dall'anfibolo e dalla mica: l'epidoto, rappresentato da numerosi granuletti, dotati di pleocroismo ed assorbimento fortissimo nei colori del verde e del giallastro e di vivacissimi colori d'interferenza, e la clorite, pure essa assai comune. Provengono invece dalla decomposizione del feldispato le frèquenti masserelle caoliniche esistenti nella massa della roccia. Altri minerali secondari pure non infrequenti sono la magnetite, l'oligisto e la limonite. Quest'ultima, meno comune delle prime vi è sotto l'aspetto di sottile velatura giallastra, e l'oligisto nei soliti granuletti rosso-bruni, irregolarmente distribuiti nella roccia e ben riconoscibili per riflessione.

Sono poi originari apatite e zircone, con i loro caratteri abituali ed ambedue come inclusi del feldispato.

16. — Tonalite scistosa di Bakel-Meluk.

Il campione proviene dal Monte di Bakel-Meluk. È di aspetto granulare, a struttura distintamente scistosa, e di color verde-bruno per prevalenza di minerali colorati sugli incolori.

Al microscopio la roccia appare manifestamente olocristallina, ipidiomorfa, costituita da feldispato e anfibolo prevalente, cui si aggiungono poi quarzo e mica, tutti irregolarmente associati ad altri minerali accessori.

Il feldispato predomina però in modo evidente sopra tutti gli altri componenti; e gli elementi più diffusi di questo minerale appartengono ad un plagioclasio, polisinteticamente geminato, e talora con le tre leggi:

Digitized by Google

albite, periclino e Karlsbad, che per l'estinzione simmetrica ad angolo di 3°-4° dalle lamelle geminate, ritengo doversi riferire ad oligoclasio acido.

Come già si disse in principio trovasi in questa roccia anche il quarzo, che, sebbene in quantità piccola rispetto alla copia del feldispato, può tuttavia facilmente riconoscersi in alcuni granuli, non di rado inclusi nel feldispato stesso, aventi l'estinzione ondulata e provvisti delle solite inclusioni liquide con libella mobile. I silicati colorati, in copia considerevole, sebbene inferiore a quella del feldispato, sono prevalentemente costituiti da anfibolo e da mica in proporzioni presso a poco uguali.

L'anfibolo è in cristalli prismatici, idiomorfi, di colore verde, con pleocroismo dal verde-oliva chiaro al verde-cupo, con estinzione il cui valore massimo non supera gli 11° dalla sfaldatura visibile e si rivela per anfibolo orneblenda.

L'elemento micaceo è quasi esclusivamente di biotite, avendosi di muscovite solo pochi straccetti secondari. Esso vi è in lamine sbrindellate, talora incurvate e distorte, le quali sono dotate di fortissimo assorbimento e non di rado fornite di aureole policroiche.

Tutti e due questi silicati ferro-magnesiaci, l'anfibolo, cioè, e la mica, essendo in gran parte alterati, diedero origine a prodotti secondari ferriferi in abbondanza, ma più specialmente a magnetite.

È da notarsi inoltre che ambedue questi minerali mostransi spesse volte associati insieme, e talora anche rispettivamente compenetrati nel feldispato a formare non infrequenti concrescimenti poichilitici.

Fra i costituenti della roccia sono numerosi i minerali accessori.

Già ricordammo più sopra come secondari la muscovite e la magnetite. A questi sono da aggiungersi poi, le solite comunissime masserelle di caolino provenienti dall'alterazione dei feldispati, qualche granulo di epidoto, e la clorite, tutte e due queste ultime per derivazione dai silicati colorati. La clorite vi è specialmente in gran copia, è pochissimo pleocroica, e con estinzione sui piani basali quasi di corpo isotropo.

Fra i minerali accessori originari noto in ultimo: l'apatite, con i suoi caratteri abituali e diffusamente inclusa nei plagioclasi, la titanite meno comune, ed infine lo zircone e l'ilmenite, tutti e due piuttosto rari.

Digitized by Google

17. — Diorite fra Philae ed El-Hawatin.

La roccia consiste di una massa a struttura minutamente granulare di color verde-bruno.

Esaminata al microscopio si manifesta come una roccia olocristallina, ipidiomorfa, in cui la massa granulare risulta dall' insieme di due minerali essenziali, l' uno facilmente riconoscibile per feldispato, l'altro per anfibolo.

Il primo è l'elemento predominante fra quelli incolori della roccia, e vi si trova in sezioni di cristalli da riportarsi per la maggior parte ad un plagioclasio acido, sempre geminato, e talora con le tre leggi dell'albite, del periclino e di Karlsbad associate.

Le estinzioni sono prevalentemente ondulate; ma pure si può notare nei geminati polisintetici che esse avvengono ad angolo piccolo con valori propri di termini oligoclasici.

In qualche cristallo di questo minerale è da notarsi un principio di zonatura.

Spesso profondamente caolinizzato e corroso, fa quasi da cemento ai minerali colorati, sui quali si modella e di cui spesso anche contiene incluso qualche granulo, unitamente alle solite inclusioni fluido-gassose e solide di apatite.

Nonostante che la maggior parte degli elementi feldispatici sieno, come già fu detto, da riferirsi all'oligoclasio, notanvesene tuttavia alcuni i quali, per l'estinzione a 0° rispetto all'allungamento, potrebbero forse riferirsi ad ortose, che, del resto, non manca quasi mai nelle roccie di questo tipo.

Ad ogni modo il loro numero è notevolmente subordinato a quello degli elementi oligoclasici.

Altro minerale incoloro della roccia è il quarzo, questo però vi è scarso e del tutto accessorio.

I minerali colorati esistenti nella roccia sono prevalentemente alterati e trasformati in clorite. Ma i caratteri di alcuni elementi meglio conservati, quali il forte pleocroismo dal verde giallastro al verde intenso e l'estinzione a piccolo angolo, ci inducono tuttavia a ritenere che gran parte di essi debbano riferirsi ad un anfibolo del tipo orneblenda.

Digitized by Google

Non tutti però si comportano a questo modo: ma ve ne sono alcuni nei quali il pleocroismo quasi nullo e l'estinzione ad angolo di 35°-36° dalla sfaldatura prismatica ne indicano trattarsi di specie pirossenica di colore verde-chiaro, riferibile al tipo diopside.

Dei costituenti accessori della roccia sono originari soltanto la titanite, che vi è molto frequente in grani e lamine biettiformi, l'apatite, pure assai comune, e lo zircone raro, tutti coi caratteri loro abituali. Gli altri minerali sono secondari. Noto fra questi la magnetite, in granuli piuttosto numerosi, il caolino e la clorite già menzionati più sopra, ed infine qualche granuletto di un minerale riferibile forse ad epidoto.

18. — Porfirite dioritica senza quarzo di Sisina.

La roccia consiste di una massa fondamentale verde-cupa, afanitica, nelle quale spiccano abbondantissimi interclusi di un minerale biancastro di dimensioni variabili da uno a tre millimetri.

Esaminando la roccia nelle sezioni sottili al microscopio si vede subito che gl' interclusi suddetti sono prevalentemente di feldispato e solo in minima parte di anfibolo, e che il quarzo vi manca affatto allo stato porfirico. Gli elementi porfirici del feldispato, resi più o meno profondamente torbidi e grigiastri per sofferta alterazione caolinica ed in parte anco muscovitica, presentano poche e difficilmente visibili traccie di geminazione polisintetica. Però, dal grado di estinzione a piccolo angolo, riconoscibile in qualche caso e suscettivo di misura, poterono in parte esser determinati e riferiti ad oligoclasio.

Pochi cristalli potrebbero tuttavia, per l'estinzione retta, sembrare anche di ortose.

Tutti gl' interclusi feldispatici, osservati sotto forte ingrandimento, mostransi coi loro contorni fortemente corrosi dalla massa fondamentale che li circonda, e spesso anche rotti e divaricati.

In qualche sezione notato infine, sebbene rarissimo, il concrescimento del feldispato porfirico con l'anfibolo orneblenda pure esso porfirico.

Fra le inclusioni solide degl'interclusi feldispatici, va principalmente ricordata la magnetite, come uno dei minerali più abbondanti. Si hanno

Digitized by Google

poi ematite e rutilo in gran copia e quindi zircone ed apatite, tutti coi caratteri loro abituali.

In questa roccia sono, come già dissi in principio, molto rari gl'interclusi di anfibolo. Ma le frequenti plaghe epidotiche e cloritiche che si manifestano all'osservazione microscopica, sono molto probabilmente derivate dalla decomposizione dell'elemento anfibolico, oppure anco da un elemento pirossenico, preesistente. Il caso non sarebbe nuovo, giacchè di porfiriti consimili, nelle quali cioè l'anfibolo o il pirosseno sono stati intieramente o quasi sostituiti dai loro derivati, ne furono già descritti dal Riva (1) per le porfiriti dioritiche del gruppo dell'Adamello, e recentemente anche dal Manasse (2) per le porfiriti dioritiche del Montenegro.

La massa fondamentale all'esame microscopico appare manifestamente originatasi in due fasi successive di consolidazione. Una di esse, la più antica, è rappresentata da un aggregato di microliti feldispatici, generalmente non geminati, da 0,1 a 0,2 mm. di sviluppo nel senso dello spigolo {001} {010}, la cui freschezza, notevolmente maggiore a quella degli elementi porfirici, permise d'identificarne le specie e di riferirli prevalentemente all'oligoclasio e forse in piccola parte anche all'ortose.

L'altra, più recente, costituita da un impasto ipocristallino, non troppo facilmente interpretabile, ma alla cui composizione concorrono per certo minutissimi grani di quarzo e feldispato caolinizzato, unitamente a lamelle e squamette piuttosto frequenti di anfibolo, pure alteratissimo, e solo in parte riconoscibile dal contegno ottico di alcuni elementi meno alterati.

Dei minerali accessori disseminati nella massa fondamentale, soltanto pochi sono originari, quali il rutilo, in copia consideravole ed in bacchettine aciculari talora molto lunghe, e poi l'apatite e lo zircone, l'uno e l'altro in cristalletti bipiramidati ben definiti, ma assai meno numerosi del primo.

I rimanenti sono tutti secondari.

---

(1) Riva. *Le roccie paleovulcaniche del gruppo dell'Adamello*. Mem. R. Ist. Lombardo di Scienze e Lettere, vol. XVII, fasc. 6, pag. 159. Milano, 1896.

(2) Manasse. *Porfiriti dioritiche e andesiti del Montenegro*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Proc. Verb., vol. XIII, pag. 163. Pisa, 1902.

Digitized by Google

Noto fra questi: clorite ed epidoto abbondantissimi, magnetite, ematite, caolino pure essi assai copiosi, ed infine muscovite ed altri prodotti calcedoniosi e quarzosi.

Ho ascritto la roccia porfiritica sin qui esaminata al tipo dioritico anzichè al diabasico, non tanto per la natura sensibilmente acida del feldispato in essa contenuto, quanto per il fatto di trovarsi nella sua massa fondamentale dell'anfibolo e non già del pirosseno. Giova di avvertire nulladimeno che i resultati di questo studio sono men che sufficienti a darci una indicazione precisa della denominazione da assegnarsi alla roccia.

19. — Felsodiorite porfirica senza quarzo porfirico di Sisina.

Il campione di questa roccia si presenta sotto l'aspetto di una massa rosso-cupa contenente numerosi interclusi di un minerale biancastro, lucente, delle dimensioni di uno a due millimetri, e di un altro minerale bruno-verdastro, di dimensioni presso a poco uguali, ma per la copia a quello del tutto subordinato.

Il semplice esame ad occhio nudo basta per indicarci che si tratta di un campione di porfido rosso antico, già noto in parte, per la descrizione che, compatibilmente coi mezzi di studio di allora, potè farne il Delesse (1) alla metà del secolo passato, e per le notizie offerteci successivamente dal Rutley (2) sopra una breccia a cemento siliceo di questo porfido, ma non peranco perfettamente illustrato da uno studio microscopico particolareggiato e completo.

L'esame microscopico delle sezioni sottili di questa roccia rivela che gl'interclusi biancastri sono tutti di feldispato, e che quelli meno numerosi e di color verde-bruno sono invece di anfibolo orneblenda.

Il quarzo non esiste decisamente fra gli elementi porfirici.

---

(1) Delesse. *Sur le porfire rouge antique.* Bull. Soc. Geol. de France, Sez. II, tome VII, pag. 586. Paris, 1850.

(2) Rutley. *On breccciated porfido rosso antico.* Quarterly Journal of the Geological Society, vol. XLI, part. 2, n. 162, pag. 157. London, 1885.

Digitized by Google

I cristalli feldispatici presentano tutti, qual più qual meno, evidenti traccie di alterazione, ed i prodotti secondari che ne provennero, ne mascherano talvolta in così fatto modo l'aspetto da renderne la determinazione molto difficile ed incerta.

Non mancano tuttavia individui di questo minerale nei quali i caratteri ottici appaiono più facilmente determinabili.

Si capisce allora da tali caratteri trattarsi di un plagioclasio, geminato polisinteticamente, e non di rado anche con le due leggi del periclino e di Karlsbad unite a quella dell'albite.

Alcune misure dell'estinzione eseguite su sezioni approssimativamente normali a {010}, diedero più specialmente valori di 6°-8°, ma in non pochi cristalli anche di 28°-32° e persino di 40°. Fa d'uopo quindi di ammettere la coesistenza nella roccia di più specie plagioclasiche, da riferirsi, nel primo caso ad oligoclasio basico, e nel secondo a termini pure molto basici di labradorite o di anortite.

Secondo i dati offertici dal Delesse (1), che ne fece anche l'analisi chimica, la composizione di alcuni cristalli feldispatici, includenti però inevitabilmente qualche piccola particella di anfibolo, e detratti da un campione di porfido rosso antico cedutogli dal Museo del Louvre, sarebbe la seguente:

	con carbonato sodico	con acido fluoridrico	composizione media
Perdita al fuoco	1,66	1,62	1,64
$Si\ O^2$	58,92	—	58,92
$Al^2\ O^3$	22,49	—	22,49
$Fe^2\ O^3$	0,75	—	0,75
Mn O	0,60	—	0,60
Ca O	5,53	—	5,53
Mg O	—	1,87	1,87
K^2 O	—	0,93	0,93
Na^2 O	—	6,93	6,93
			99,66

Essendo però sol di 5,53 il tenore in calce del feldispato analizzato, il Delesse ne concludeva col ritenere la composizione chimica del feldispato stesso intermediaria a quelle dell'oligaclasio e dell'andesina, senza

(1) Delesse. *Op. cit.* pag. 525. Paris, 1850.

Digitized by Google

però potere stabilire con certezza se si trattasse dell' una o dell'altra specie singolarmente, o di tutte e due insieme.

Il Rutley (1) poi, pur confessando di non avere potuto ottenere in nessun modo misure soddisfacenti degli angoli di estinzione del feldispato contenuto nella breccia da lui studiata, in quantochè alcuni suoi cristalli estinguevano a piccolo angolo ed altri ad angolo molto grande, affermava tuttavia che, conformemente alle osservazioni del Delesse, la maggior parte dei cristalli di questo minerale, per l' estinzione loro ad angolo nè troppo grande nè troppo piccolo, doveva spettare più probabilmente ad oligoclasio e ad andesina.

I cristalli porfirici del feldispato della roccia in esame non tutti, a quanto sembra, debbono però riferirsi a plagioclasio; ma ve ne ha qualcuno che, per l'estinzione a 0° rispetto all'allungamento, potrebbe forse meglio ascriversi all'ortose, ciò che verrebbe così a spiegare anche le percentuale in potassa di 0,93 trovata all'analisi. La presenza di quest' ultima specie feldispatica non è però da sostenersi con assoluta certezza, e ciò perchè, a causa della notevole alterazione subìta sui contorni da tutti i cristalli feldispatici della roccia, non si potè affatto determinare col solito metodo del Becke il valore della rifrazione degli elementi attribuibili all'ortose.

Molto probabilmente, adunque, sono presenti nella roccia termini ortosici, oligoclasici ed anortitici, la cui mescolanza avrebbe portato naturalmente ai resultati chimici già più sopra indicati.

In essa non sono poi neppure infrequenti gli esempi di cristalli feldispatici a struttura zonata, e questi dànno, dall' interno alla periferia, valori da oligoclasio basico ad oligoclasio acido.

Tutti indistintamente i suddetti cristalli mostransi poi più o meno attraversati da screpolature, e modificati da varie altre deformazioni meccaniche, come fratture con spostamento delle parti, corrosione sugli orli e compenetrazione di massa fondamentale ; nè mi fu possibile d' incontrarne alcuno con contorni netti e decisi da per tutto in guisa tale da render possibile la misura di qualche suo angolo.

Nell' interno dei cristalli porfirici del feldispato annidansi in gran copia altri prodotti di alterazione, prevalentemente di caolino, ma non

---

(1) Rutley. *Op. cit.*, pag. 160. London, 1885.

Digitized by Google

di rado anche di muscovite, di quarzo e di altro singolar minerale, fortemente rifrangente, distintamente pleocroico dal giallo-verdastro al giallo-rossastro, da riferirsi senza dubbio a zoisite pleocroica del tipo thulite, secondo le osservazioni già fatte da precedenti autori.

La calcite sembra mancare fra i prodotti secondari del feldispato, infatti al trattamento con gli acidi la roccia non ha dato la benchè minima traccia di effervescenza.

Le inclusioni del feldispato porfirico sono in parte liquido-gassose, ed in parte solide dei soliti minerali come apatite, rutilo e zircone.

Gl' interclusi anfibolici, minori per numero, come già fu detto in principio, di quelli feldispatici, sono tuttavia a questi anteriori per l'origine.

Dovunque si osservino, sono essi imperfetti e profondamente alterati in altri prodotti secondari ferriferi che ne mascherano il carattere e li rendono non sempre facilmente riconoscibili. Si capisce nondimeno, specialmente dal caratteristico pleocroismo di qualche lamina meno alterata, che si tratta di orneblenda.

Gli individui anfibolici mostransi quasi sempre racchiusi da un inviluppo bruno magnetitico, circonfuso all'esterno da una leggera sfumatura aureolare grigiastra leucoxenica. All' interno sono poi più o meno riccamente forniti di ematite e di granuletti epidotici dai vivacissimi colori d' interferenza.

Sempre negli elementi porfirici dell'anfibolo notansi, oltre ai prodotti secondari testè ricordati, poche inclusioni solide di apatite e di rutilo.

La pasta fondamentale della roccia è microfelsitica, con struttura distintamente fluidale, e, se osservata sotto un ingrandimento molto forte, mostrasi costituita da tante bande microfelsitiche incolore e da altre più numerose, colorite in rosso da ossidi di ferro, in mezzo alle quali notansi abbondantissimi cristalliti bruno-neri, in alcune plaghe più diffusi, in altre meno, ma dovunque irregolarmente intrecciati fra di loro; vi si notano infine numerosi microliti feldispatici ed alcuni granuletti di quarzo.

La parte colorita della massa fondamentale predomina alquanto su quella incolora. Essa è prevalentemente dovuta ad un pigmento rosso, di ematite, la cui presenza è causa appunto del colore caratteristico della roccia.

Digitized by Google

Insieme a questo pigmento ematitico si scorge ancora un poco di magnetite in grani, ora grandi ed ora minuti, di color nero azzurrognolo e generalmente contornati da un orlo o rosso-bruno di ematite o grigiastro di leucoxeno.

Sebbene dagli autori in generale si accenni alla presenza, fra i minerali del porfido rosso antico, di una varietà di epidoto rosso non specificato da alcuni, (1) ma da altri (2) ascritto alla withamite, posso affermare tuttavia di non aver trovato nulla di simile nella roccia in esame.

Secondo il Delesse (3), che eseguì pure l'analisi chimica della massa fondamentale di questo porfido separatamente dai cristalli porfirici in esso contenuti, essa avrebbe la seguente composizione centesimale.

	con carbonato sodico	con acido fluoridrico	composizione media
Perdita al fuoco.	0,58	—	0,58
$Si\ O^2$	62,17	—	62,17
$Al^2\ O^3$	14,91	14,30	14,61
$Fe^2\ O^3$ / $Mn\ O$	7,59	8,00	7,79
$Ca\ O$	3,28	3,32	3,30
$Mg\ O$	—	5,00	5,00
$K^2\ O$	—	2,04	2,04
$Na^2\ O$	—	4,10	4,10
			99,59

Senza avere ora la pretesa di pronunziarmi sulla genesi di questa roccia, di cui non conosco minimamente le condizioni di giacitura, e che fu già dagli autori ascritta alle porfiriti dioritiche, io ritengo che essa, per il carattere della massa fondamentale distintamente microfelsitica e per le specie minerali che sono porfiricamente contenute nella massa stessa, possa più giustamente ascriversi al gruppo delle felsodioriti porfiriche senza quarzo porfirico.

---

(1) Loewinson-Lessing. *Lexique pétrographique*, Congrès géologique international, comptes rendus de la VIII session, en France, fasc. II, pag. 1227. Paris, 1901.

(2) D'Achiardi A. *Guida al corso di litologia*, pag. 318. Pisa, 1888. — Zirkel. *Lehrbuck der petrographie*, II, pag. 555. Leipzig, 1894. — Rosenbusch. *Mikroskopische Physiographie der Massigen Gesteine*, II, pag. 943. Stuttgart, 1896.

(3) Delesse. *Op. cit.*, pag. 528. Paris, 1850.

Digitized by Google

20. — Anfibolite scistosa del Monte Mahamid.

Il campione è di roccia verde-bruna, di aspetto minutamente granulare ed a struttura scistosa.

All'esame al microscopio, e sotto piccolo ingrandimento, mostrasi costituita di una massa principale olocristallina con immersi qua e là vari cristalli di feldispato di aspetto manifestamente porfirico.

Questi ultimi non raggiungono mai notevoli dimensioni, e sono spesso profondamente alterati e trasformati in caolino che ne maschera quasi sempre il contegno ottico.

In qualche raro esemplare, però, che per lo stato meno avanzato di alterazione, rivela una struttura lamellare polisintetica, poterono tuttavia riconoscersi le geminazioni associate dell'albite e del periclino; dall'angolo di estinzione a circa 13° delle sue lamelle potè inoltre stabilirsi la presenza di un plagioclasio, molto probabilmente riferibile ad andesina acida.

Esaminati sotto forte ingrandimento questi cristalli porfirici di feldispato si presentano con dei contorni poco regolari, corrosi ed in parte riassorbiti dalla massa che li circonda. Sono inoltre ricchissimi di inclusioni dovute, in gran parte a microliti anfibolici, ma in parte anche a numerosi altri minerali accessori, fra cui sono da notarsi principalmente: l'apatite nelle solite forme granulari e cristalline, lo zircone, il rutilo, e talora anche la magnetite e l' ematite.

I minerali della massa olocristallina sono: feldispato, in granuli numerosi e minutissimi, anfibolo orneblendico, pure esso molto abbondante, mica nera biotite, titanite; e fra i prodotti secondari si notano: caolino, clorite, epidoto, magnetite ed ematite.

I grani feldispatici sono prevalentemente costituiti da una specie plagioclasica, sol di rado geminata, la cui massima estinzione ad 8° gradi circa c' induce a riferirla ad un termine un po' meno basico di quello costituente gli elementi porfirici, concordemente con la sua più recente consolidazione.

Forse è presente anche l'ortose, ma non potè essere con sicurezza determinato.

Digitized by Google

Più diffuso di tutti i minerali componenti la massa olocristallina della roccia è però l'anfibolo.

È presente in lamine verdi-cupe, fortemente pleocroiche, talvolta geminate, con strie, spesso parallele per sfaldatura prismatica, più di rado disposte in reticolato rombico per le due sfaldature ad angolo di 124° circa.

Queste lamine, limpide e fresche talora, mostransi il più delle volte alterate in clorite, epidoto, muscovite, e nei soliti prodotti ferriferi magnetitici ed ematitici.

Alcune misure dell'angolo di estinzione eseguite sopra qualche minerale mi diedero valori variabili sino ad un massimo di 24° dalla sfaldatura prismatica.

Come già fu detto in principio, l'anfibolo, oltrechè come costituente della massa principale della roccia, lo si trova come incluso dei cristalli porfirici del feldispato. In tal caso è in cristalli microlitici, dai contorni distintamente idiomorfici e per la generazione senza dubbio più antichi delle laminette contenute nella massa su ricordata.

Altro minerale che concorre alla formazione di quest' ultima è la mica nera biotite. Vi è in straccetti piccoli, contorti, spesso torbidi per sofferta alterazione cloritica ed ematitica, e provvisti sempre delle solite inclusioni di apatite, ecc.

Ultimo e scarsamente rappresentato è il quarzo, se pure a questo minerale possono venire riferiti minuti granuli, allotriomorfi rispetto ai minerali precedentemente descritti, limpidi, scoloriti e con manifesta estinzione ondulata.

Fra gli elementi accessori, oltre a quelli già ricordati, o come inclusi dei minerali essenziali, o come prodotti della loro decomposizione, è pur degna di essere menzionata per la copia, la titanite che vi si trova, talora in laminette biettiformi regolari bellissime, più spesso in granuletti minuti, irregolarmente disseminati nella massa della roccia.

21. — **Arenaria di Karnak.**

La roccia proviene dai dintorni di Karnak, piccola città situata sulla destra del Nilo, a 25° 43' di latitudine nord.

È di color giallo-limonitico, resistente, ruvida al tatto e da grana molto minuta. Nel trattamento con gli acidi non dà traccia di effervescenza.

Digitized by Google

All'esame microscopico si presenta come un mosaico di materiali allotigeni frammentari, prevalentemente di quarzo e solo in piccolissima parte di feldispato, i quali sono fra loro collegati da un abbondante cemento autigeno giallastro-bruno ferruginoso essenzialmente costituito da limonite, e, sebbene in minor copia, anche da magnetite.

Il quarzo che, come già dissi, rappresenta quivi l'elemento predominante, vi è in granuli generalmente molto minuti, con polarizzazione d'aggregato ed estinzione ondulata, causate da cataclasi.

Tra i minerali inclusi in questo minerale, oltre alle solite bollicine gassose e liquide con libella mobile, vanno ricordati: apatite, in grani e cristalli piccoli, ma in copia piuttosto considerevole, microliti di zircone, pochi bacilli aciculari di rutilo, ed infine magnetite.

Del tutto accessorio è il feldispato, fra gli elementi del quale si poterono riconoscere: ortose, talora geminato a Karlsbad, microclino, ben caratterizzato dalla perfetta striatura a grata, e plagioclasio che, per l'estinzione simmetrica a piccolo angolo delle lamelle geminate, è da ascriversi a termine oligoclasico.

Tutti i frammenti feldispatici mostransi sempre più o meno attraversati da linee irregolari di frattura ed alterati in caolino e muscovite.

Altri minerali esistenti in questa roccia, sono: la mica biotite, in lamine rare, minutissime e dai contorni profondamente alterati e corrosi, ilmenite, clorite, numerosi granuli di epidoto, ed infine qualche granuletto opaco, dal contorno leucoxenico, che ritengo doversi riferire a ferro titanato.

22. — Arenaria di Sisina.

Il campione è di roccia molto dura e pesante, a grana sensibilmente minuta, nel cui fondo rosso cupo spiccano granelli numerosissimi di sostanza incolora. Alla superficie del campione veggonsi inoltre in gran copia, e sotto forma di piccoli vacui, i luoghi già occupati da alcuni dei suddetti granelli nella massa cementante, prima di essersi da quest' ultima distaccati.

All'esame microscopico la roccia risulta costituita da numerosissimi grani allotigeni, frammentari, generalmente limpidi ed incolori, più di

Digitized by Google

rado torbidi e grigiastri, sempre arrotondati e corrosi alla superficie, i quali stanno fra di loro e irregolarmente collegati mediante un materiale cementizio autigeno in copia considerevole e quasi esclusivamente dovuto ad ematite.

I grani allotigeni sono per la massima parte di quarzo, come ne attestano la particolare loro limpidezza, e soprattutto il carattere di uniassicità della loro figura d'interferenza.

Sono spesso attraversate da screpolature, talora con spostamento delle parti, e non di rado presentansi con polarizzazione d'aggregato, con estinzione ondulata e con deformazioni, infine, della figura d'interferenza, nel qual caso il carattere di uniassicità è malamente interpretabile.

Tra i grani allotigeni havvi non pertanto qualche elemento, come già fu detto, torbo e grigiastro, il cui aspetto decisamente caolinico ci dimostra trattarsi di originari grani feldispatici. Questo minerale però vi si troverebbe in copia indubbiamente subordinata a quella del quarzo e del tutto come accessorio.

Nei grani allotigeni di quarzo sono poche le inclusioni solide d'apatite, nei soliti grani e cristalletti prismatici, ed ancor più rare quelle di zircone, di rutilo e di magnetite. Frequentissime invece vi si trovano quelle fluido-gassose, riunite in filari.

Il cemento, in forma di grosse maglie rosso-brune, e rosso-chiare per riflessione, è prevalentemente composto di ematite, e solo in piccola parte accompagnato da limonite e da magnetite.

Del resto fa parte del materiale cementizio anche il quarzo. In tal caso esso è però in granuli minutissimi, mescolati intimamente alla sostanza ematitica.

Pisa, Museo geologico dell' Università, gennaio 1906.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Widener Library
3 2044 092 698 547

Digitized by Google